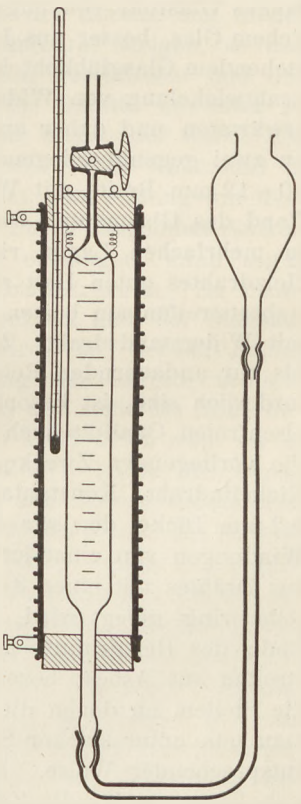
Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLV. Jahrgang. 1932. Drittes Heft.

Ein Apparat zur Ermittlung des Volumverhältnisses bei der Synthese des Wasserdampfes.

Von **H. Petzold** und **R. Scharf** in Berlin.

Für die Ermittlung des Volumverhältnisses, in dem sich Wasserstoff und Sauerstoff verbinden, geben die Versuche mit dem einfachen Knallgaseudiometer, besser die mit dem von A. W. v. Hofmann angegebenen U-förmigen Knallgaseudiometer, besonders aber die Anwendung der Glühdrahtpipette[1] gute Ergebnisse. Sollen aber die Raumverhältnisse der angewendeten Knallgasmenge und die des entstehenden Wasserdampfes bestimmt werden, so stellen sich erhebliche Schwierigkeiten ein. Zu den geringsten Unannehmlichkeiten gehört die recht große Menge des zur Absperrung des Knallgases notwendigen Quecksilbers, recht störend ist aber die Schwierigkeit, die Knallgasmenge so stark zu erwärmen, daß die gebildete Wassermenge vollständig in Dampfform bleibt. Die Heizung mit dem meist angegebenen Wasserdampfmantel gibt in der Regel recht unzuverlässige Resultate, so daß Doermer mit Recht angibt[2]: „Mit Wasserdampf als Heizmantel habe ich keine eindeutigen Versuchsergebnisse erzielt." Die von manchen Seiten empfohlenen Heizungen mit Dampf von Amylalkohol (S. P. 130°) oder Toluol (S. P. 111°) sind wegen der Endzündungsgefahr, aber auch der Giftigkeit wegen für Schulversuche abzulehnen. Die Verwendung eines Heizbades von Öl oder Salzlösung, wie C. Hauschulz[3] vorgeschlagen hat, das mit einem Tauchsieder elektrisch auf Temperaturen über dem Siedepunkt des Wassers erwärmt wird, ist experimentell nicht ganz einfach. Die Dichtung des Heizbadmantels, das Arbeiten mit dem Öl, die Empfindlichkeit der meisten Tauchsieder gegen die Salzlösungen sind einige der Hauptschwierigkeiten. Aus diesen Gründen haben wir einen Apparat konstruiert, der es jedem Lehrer und auch jedem geübteren Schüler mit Sicherheit ermöglicht, das Volumverhältnis von Knallgas zu Wasserdampf einwandfrei innerhalb kurzer Zeit zu bestimmen.



Der Apparat (vgl. Figur) ist folgendermaßen gebaut: Eine in Zehntel-Kubikzentimeter geteilte Gasbürette von etwa 25 ccm Inhalt trägt an ihrem oberen Ende ein etwa 7 cm langes Kapillarrohr von 1 mm lichter Weite. Am Ende des Kapillarrohres befindet sich ein Glashahn mit gut eingeschliffenem Hahnküken. Auf der anderen Seite des Hahnes setzt sich die Kapillare als gewöhnliches Glasrohr von ungefähr 5 cm Länge und 6 mm lichter Weite fort. Das Ende dieses Rohres ist zu

[1] Vgl. P. Rischbieth: Quantitative chemische Versuche, S. 15. Hamburg 1928.
[2] Vgl. Arendt-Doermer: Technik der Experimentalchemie, 5. Aufl., S. 268. Leipzig 1925.
[3] C. Hauschulz: Bestimmung des Volumverhältnisses zwischen Knallgas und Wasserdampf. Diese Zeitschr. **27**, 236 (1914).

einem Schlauchansatz (Olive) ausgezogen, die Mündung soll jedoch nicht stärker verengt werden. Der Nullpunkt der Bürettenteilung liegt an der Ansatzstelle der Kapillare an das Bürettenrohr. Am unteren Ende ist die Bürette zu einem Glasrohr von 6 mm lichter Weite und 8 cm Länge verengt, das am freien Ende auch einen Schlauchansatz trägt. Etwa 2 cm vom oberen Ende der Bürette entfernt sind zwei Platindrähte eingeschmelzt, deren Enden sich in der Bürette mit einem Abstand von 1—2 mm gegenüberstehen. Die äußeren Enden der Platindrähte sind zu Ösen umgebogen und angeschmelzt. Durch einen nicht zu dünnwandigen Schlauch (1,5 bis 2 mm Wandstärke) von 4 mm lichter Weite und ungefähr 45 cm Länge wird der untere Rohrstutzen des Bürettenrohres mit einer kleinen Niveaubirne von etwa 50 ccm Inhalt verbunden. Will man besonders vorsichtig sein, so kann man die Enden des Schlauches, zumal wenn er etwas weiter als angegeben ist, mit ein paar Stückchen Kupferdraht festbinden, um ein Abrutschen des später mit Quecksilber gefüllten Schlauches in jedem Falle zu verhüten.

Diese kurze Bürette, die in der Anwendung recht wenig Quecksilber als Sperrflüssigkeit erfordert, wird nun elektrisch geheizt. Den Heizmantel, ein etwa 25 cm langes Glasrohr von ungefähr 4 cm lichter Weite, kann man sich leicht aus gewöhnlichem Glas, besser aus Jenenser Geräteglas, selbst herstellen. Auch ein Zylinder von stehendem Glasglühlicht ist als Mantel verwendbar. Auf diesen bringt man eine Heizdrahtwickelung von Widerstandsdraht. Um den Windungen des Drahtes auch im erwärmten und daher ausgedehnten Zustande einen sicheren Halt zu geben, werden an zwei gegenüberliegenden Längsseiten des Zylinders je ein Asbestpapierstreifen von 10—12 mm Breite mit Wasserglaslösung aufgeklebt. Um den oberen und unteren Rand des Glasmantels werden ebenfalls etwa 15 mm breite Streifen von Asbestpapier in mehrfachen Lagen ringförmig geklebt, um den Befestigungen der Enden des Heizdrahtes guten Halt zu geben. Vor der Bewicklung läßt man die aufgeklebten Asbeststreifen am besten einige Tage gut trocknen. Jetzt bewickelt man das Rohr mit Widerstandsdraht. Zu solchen Heizzwecken, besonders aber, wenn Temperaturen bis zur andauernden Rotglut des an der Luft ungeschützt freiliegenden Drahtes erforderlich sind, ist besonders Chromnickeldraht gut geeignet[1], der besonders in der eisenfreien Qualität auch bei Glühtemperaturen an der Luft sehr beständig ist. Für die vorliegenden Zwecke genügt auch Draht aus anderem Material, wie Nickeldraht, Nickelindraht, Konstantandraht u. a. m. Wir verwendeten Chromnickeldraht von 0,2 mm Dicke, den wir in Windungen mit ungefähr 6 mm Abstand der einzelnen Windungen von einander aufbrachten. Zunächst befestigt man dazu das eine Ende des Drahtes mit einer 8—10 mm breiten Schelle aus Kupferblech, die um den einen Asbestring gelegt wird. Auch mit 1 mm starkem weichen Kupferdraht kann das Ende des Heizdrahtes um den Asbestring festgewunden werden. Auf den Längsstreifen aus Asbest bezeichnet man am besten vorher mit Bleistift von 6 zu 6 mm die Stellen, an denen die Heizdrahtwindungen zu liegen kommen. Den Draht windet man nun unter starker Spannung auf das Glasrohr und befestigt das zweite Ende in entsprechender Weise. An den Kupferbändern oder den Kupferdrahtenden befinden sich Klemmen für die Zuführung des Heizstromes.

Der Heizmantel wird mittels zweier Korkstopfen so auf die Ansatzrohre der Bürette aufgesetzt, daß die Kapillare noch möglichst vollständig im Heizraum liegt. Dabei muß der obere Korken mit einem scharfen Messer halbiert werden. Zur Zuführung des Zündstromes werden an den beiden Platindrahtösen Spiralen aus dünnem Kupferdraht von 0,3 mm Durchmesser befestigt, deren Enden durch den oberen Korken geführt und oberhalb des Korkens in mehrfachen Windungen zu Ösen gebogen werden. Bei der Anbringung der Kupferdrahtspiralen an den Platinösen ist besondere Vorsicht nötig, da diese Ösen nur zu leicht abbrechen. Zur Ermittlung

[1] U. a. erhältlich bei: Edelstahlwerke Söding und Halbach, Hagen i. Westf. oder bei: C. Schniewindt, G. m. b. H., Neuenrade i. Westf.

der Temperatur innerhalb des Heizmantels befindet sich in dem oberen Stopfen noch ein gewöhnliches Laboratoriumsthermometer von entsprechendem Meßbereich, das in den Zwischenraum zwischen Heizmantel und Bürette ragt.

Der ganze Apparat wird von einem standfesten Stativ von 40—50 cm Stablänge getragen. Die Befestigung geschieht am besten durch ringförmige Halter von ungefähr 15—20 mm Durchmesser, in denen die Ansatzrohre der Bürette durch übergeschobene Korken federnd, aber doch genügend fest gehalten werden. Die Niveaubirne wird am besten durch einen mit Klemmuffe versehenen Ring getragen, der auf ungefähr 10 mm Breite geschlitzt ist. So kann man das Niveaugefäß leicht aus dem Ring herausnehmen, heben und senken, ohne die Klemmuffe zu verstellen.

Das Arbeiten mit dem Apparat geschieht folgendermaßen: Man saugt zunächst durch den mit der Niveaubirne verbundenen Apparat einen Luftstrom, bis alle Feuchtigkeit aus den Glasgefäßen und dem Schlauch verschwunden ist. Dann hält man das Niveaugefäß möglichst tief und füllt bei geöffnetem Hahn die erforderliche Menge Quecksilber (etwa 500 g) in die Birne. Zur vollständigen Trocknung wird das Quecksilber vorher unter dem Abzuge auf 150° erhitzt und wieder abgekühlt. Nach der Füllung hebt man die Birne und läßt das Quecksilber in der Bürette und in der Kapillare durch den Hahn bis an das obere Ende des Ansatzrohres steigen, so daß hier nirgends Luftreste zurückbleiben. Dann wird der Hahn geschlossen und das Niveaugefäß in den Haltering gehängt. Hierauf füllt man die Bürette mit etwa 10 bis 12 ccm Knallgas, das man entweder auf elektrolytischem Wege oder durch Abmessung und Mischung zweier Volume Wasserstoff und eines Volums Sauerstoff in in einer Gasbürette, MÜLLERschen Glocke oder ä. erhalten hat. Die Füllung mit dem Gase geschieht durch das obere Ansatzrohr mit dem Hahn. Durch langsames Senken der Birne kann man leicht jede beliebige Menge Knallgas einsaugen, kann sogar einen Überschuß durch Heben des Niveaugefäßes wieder zurückdrücken. Zu beobachten ist, daß der Zuführungsschlauch mit Knallgas ausgespült und bei langsam strömendem Gase über das obere Ansatzrohr gestreift wird: so werden Fehler durch verbleibende Luftreste vermieden. Nach der Füllung der Bürette schließt man den Bürettenhahn, nimmt den Gaszuführungsschlauch ab und stellt die Höhe der Niveaubirne so ein, daß der Quecksilberspiegel in ihr ½ bis 1 cm tiefer steht als in der Bürette. Aus einem Quecksilbertropfgläschen, das man sich leicht aus einem ausgezogenen Reagenzrohr herstellen kann, füllt man nun den oberen Rohrstutzen (oberhalb des Hahnes) mit Quecksilber und läßt durch vorsichtiges Öffnen des Hahnes einen Teil des Quecksilbers in die Kapillare fließen, bis ein paar Tropfen des Quecksilbers in die Bürette abfallen. Durch diese Art des Füllens der Kapillare mit Quecksilber wird vermieden, daß sich in der Kapillare nach der Verpuffung des Knallgases Wasserdampftröpfchen abscheiden, wie dies bei manchen Konstruktionen geschieht. Will man zur Vermeidung dieser Fehlerquelle den Hahn in den Heizraum verlegen, so ergeben sich zwei Schwierigkeiten: der Apparat wird recht unhandlich und das Hahnfett gibt häufig in erwärmtem Zustande Dämpfe ab, die das Ergebnis fälschen. Diese Fehler beseitigt der Sperrfaden aus Quecksilber. Nach der Schließung des Hahnes beginnt man mit der Heizung. Bei knapper Zeit kann man den Heizstrom schon früher einschalten und einen Teil der Verrichtungen während der Anheizung erledigen.

Den Heizstrom entnimmt man einer gewöhnlichen Lichtleitung unter Vorschaltung eines entsprechenden regelbaren Widerstandes oder eines Lampenwiderstandes. Steht Wechselstrom zur Verfügung, so kann man ihn so transformieren (in unserem Beispiel auf ungefähr 110 Volt), daß überhaupt kein Ballastwiderstand nötig ist. Für unseren Apparat (Chromnickeldrahtwicklung von 0,2 mm Durchmesser) ergaben sich folgende günstige Belastungsgrößen:

Spannungsdifferenz an den Enden der Wicklung . . 120 Volt,
Stärke des Heizstromes . . . . . 0,7 Ampere.

Innerhalb einer Zeitspanne von 5 bis 10 Minuten zeigt das Thermometer eine Temperatur von 130° an. Bei der Benutzung von Heizdrähten aus Material anderen spezifischen Widerstandes oder anderer Abmessungen ändern sich die obigen Angaben über den Heizstrom entsprechend. Nach Erreichung der Temperatur von etwa 130° mindert man zweckmäßig die Stromstärke etwas, um möglichst bald Temperaturkonstanz zu erreichen. Bleibt das Thermometer ungefähr 2 Minuten lang auf demselben Gradstrich stehen, so liest man nach Einstellung auf gleiches Niveau in Bürette und Birne das Gasvolum genau ab; hierauf senkt man die Birne, so daß ihr Quecksilberspiegel um 6—8 cm tiefer steht als der der Bürette. In dieser Verdünnung verpufft das Knallgas gefahrlos. Gezündet wird die Knallgasmischung durch einen kleinen Funken, den der Strom eines kleinen Funkeninduktors (z. B. alter Automobilzündinduktor) liefert. Nach der Zündung bringt man durch das Heben des Niveaugefäßes die Quecksilberspiegel auf gleiche Höhe und liest das gebildete Wasserdampfvolum ab.

Nach dem Ausschalten des Heizstromes beobachtet man die bei etwa 100° beginnende Kondensation des Wasserdampfes. Zum Schluß bleibt meistens eine kleine Gasblase von etwa $^1/_{10}$—$^2/_{10}$ ccm übrig, die durch Verunreinigungen der verwendeten Gase oder durch nicht genaue Zusammensetzung des Knallgases bedingt ist.

Die Versuche wurden unter verschiedenen Bedingungen angestellt, dabei Gase verschiedener Herkunft, getrocknet und feucht, verwendet. Einen kleinen Überblick über die erhaltenen Ergebnisse weist die folgende Tabelle auf:

Art des Gases	Temperatur in °C	Knallgas bei der Versuchstemperatur ccm	Wasserdampf ccm	Verhältnis der Volume	Restgas ccm
1. Wasserstoff und Sauerstoff aus Stahlflaschen, feucht	128	12,7	8,7	1 : 0,685 (3 : 2,055)	0,2
2. Wasserstoff, im Kippschen Apparat bereitet, Sauerstoff aus Stahlflasche; beide Gase feucht	126	14,4	9,7	1 : 0,674 (3 : 2,022)	0,2
3. Wasserstoff, im Kippschen Apparat bereitet, mit KOH, $KMnO_4$ und alkalischer Pyrogallollösung gereinigt; Sauerstoff aus Kaliumdichromat und angesäuerter Wasserstoffsuperoxydlösung erhalten; beide Gase mit konz. H_2SO_4 getrocknet	138	17,3	11,7	1 : 0,676 (3 : 2,028)	etwa 0,5 ccm Wasserstoff
4. Knallgas, elektrolytisch aus Kalilauge mit großen Ni-Elektroden gewonnen, feucht	125	17,0	11,5	1 : 0,677 (3 : 2,031)	0,1
5. Knallgas, elektrolytisch aus Kalilauge gewonnen, mit entwässertem Kalziumchlorid getrocknet	134	14,85	9,9	1 : 0,667 (3 : 2,001)	0,1

Der Solvay-Sodaprozeß im chemischen Unterricht.

Von **Heinrich Rheinboldt** und **Liselotte Beumelburg** in Bonn.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Solvay-Sodaprozesses läßt es wünschenswert erscheinen, den Vorgang der Natriumbikarbonatbildung aus Kochsalz, Ammoniak und Kohlendioxyd in wäßriger Lösung im Versuch vorzuführen. Die bisherigen Versuchsanordnungen sind aber recht unvollkommen.

Die klassische, der technischen Darstellung nachgebildete Versuchsanordnung von HALLOCK[1], nach der in einen mit konzentrierter Kochsalzlösung gefüllten Turm von oben Ammoniak und von unten her durch einen seitlichen Tubus gleichzeitig Kohlendioxyd eingeleitet wird, dessen feinere Verteilung in der Lösung durch eingesetzte Drahtnetze bewirkt werden soll, liefert im Verlauf einer Unterrichtsstunde keine ausreichenden Ergebnisse[2]. Zudem bestehen die Niederschläge, die sich auf den Drahtnetzen absetzen, größtenteils nicht aus Natriumbikarbonat, sondern aus Kochsalz, wenn man entsprechend der Vorschrift mit gesättigter Kochsalzlösung arbeitet und trockene Gase einleitet[3].

Leitet man nämlich in eine gesättigte Kochsalzlösung trockenes Ammoniak ein, so vergrößert sich zwar ihr Volumen beträchtlich, jedoch nimmt das Lösungsvermögen für Natriumchlorid so stark ab, daß es zur Ausscheidung von Kochsalz kommt. In Fig. 1 ist der maximale Salzgehalt gesättigter Natriumchloridlösungen bei steigendem Ammoniakgehalt nach Untersuchungen von H. SCHREIB[4] graphisch dargestellt.

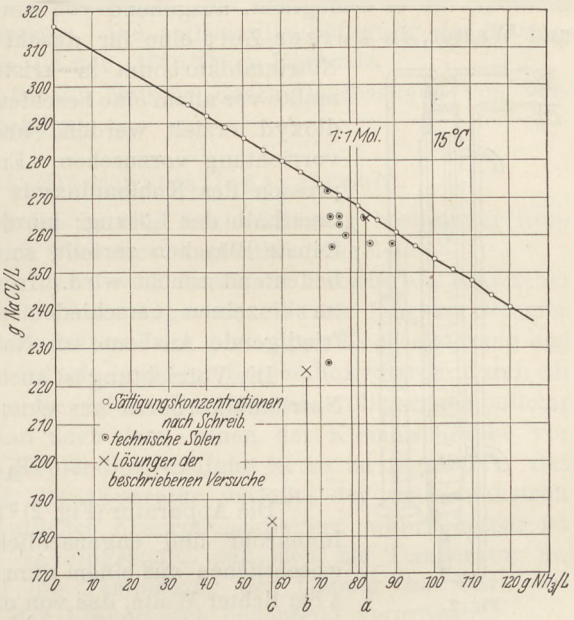


Fig. 1.

Die hauptsächlichste Schwierigkeit dieses Versuchs, der in der Hand von Praktikanten fast nie gelingt, wird verursacht durch die allzu ungleiche Löslichkeit von Ammoniak und Kohlendioxyd in Wasser, so daß man es nicht in der Hand hat, die dem Natriumchlorid äquivalenten Mengen von Ammoniak und Kohlendioxyd zu lösen[5]. Meist wird das Ammoniak in großem Überschuß vorhanden sein, wodurch die Ausfällung des Natriumbikarbonats verzögert wird, da dessen Abscheidung erst einsetzt, wenn die Bildung des normalen Ammoniumkarbonats überschritten ist. Man kann diese Schwierigkeit umgehen durch Einbau eines Strömungsmessers in die Ammoniakzuleitung; dadurch wird aber die Versuchsanordnung für den Unterricht zu kompliziert. Eine zweite Schwierigkeit liegt in der Regulierung der Temperatur. Arbeitet man ohne Kühlung, so steigt die Temperatur der Lösung so hoch, daß der Prozeß unter Zerfall des Ammoniumbikarbonats rückwärts verläuft. Bei zu tiefer Temperatur scheidet sich das Natriumbikarbonat flockig oder als feinster Kristallschlamm ab. Als Drittes kommt hinzu, daß die Lösungen stark zur Übersättigung neigen.

Man ist daher meist zu anderen Versuchsanordnungen übergegangen. Entweder bereitet man als Ausgangslösung Kochsalzlösungen ganz bestimmter Konzentration

[1] E. J. HALLOCK: Ber. Dtsch. chem. Ges. **10**, 1955 (1877).

[2] Vgl. dazu HEUMANN-KÜHLING: Anleitung zum Experimentieren bei Vorlesungen über anorganische Chemie, 3. Aufl., S. 608. 1904.

[3] In der Originalmitteilung von HALLOCK werden nasse Gase verwendet, später wurde aber empfohlen, die Gase aus Bomben zu entnehmen.

[4] H. SCHREIB: Über die chemischen Vorgänge beim Ammoniaksodaprozeß. Z. angew. Chem. **1**, 283 (1888).

[5] P. BRÄUER empfahl, zur beschleunigten Absorption des Kohlendioxyds, in den Turm durchlöcherte, nach unten offene gläserne Kugelhauben einzusetzen, die zu dreien übereinander an einem zentral hindurchführenden Glasstab angeordnet sind. Z. physik. u. chem. Unterr. **27**, 242 (1914). Es ist dies dieselbe Vorrichtung, die sich in der „Intensiv-Gaswaschflasche von WISLICENUS" (FRANZ HUGERSHOFF, Leipzig) findet sowie in ähnlicher Art in dem Absorptionsapparat von F. A. KÜHNLENZ: Z. angew. Chem. **2**, 552 (1889).

mit einem bestimmten Ammoniakgehalt, die mit Kohlendioxyd übersättigt werden[1], oder man verwendet Lösungen, die neben einer bestimmten Menge Kochsalz von vornherein Ammoniumkarbonat enthalten, oder solche, die Kochsalz, Ammoniumkarbonat und Ammoniak enthalten, und sättigt sie mit Kohlendioxyd[2]. Letztere Vorschriften besitzen aber für den Praktikanten und den Schulunterricht nur geringen pädagogischen Wert. Der einfache Versuch des Zusammenbringens etwa gleicher Volumina gesättigter Lösungen von Kochsalz und Ammoniumbikarbonat erfüllt denselben Zweck, die Bildung und Schwerstlöslichkeit des Natriumbikarbonats unter den vier Salzen des reziproken Salzpaares $NaCl + (NH_4)HCO_3 \rightleftarrows NaHCO_3 + NH_4Cl$ zu zeigen.

Wir haben uns daher bemüht, für den Unterricht eine Versuchsanordnung zu schaffen, die es ermöglicht, ausgehend von Natriumchlorid, Ammoniak, Kohlendioxyd und Wasser, in kurzer Zeit eine für anschließende Versuche ausreichende Menge Natriumbikarbonat in kristallisierter Form zu erhalten. Hierfür mußte vor allem eine beschleunigte Sättigung der Lösung mit Kohlendioxyd erzielt werden, andererseits war eine geeignete Kühlvorrichtung vorzusehen. Ersteres wurde erreicht durch Hindurchpressen des Kohlendioxyds durch eine feinporige Glassinterplatte innerhalb der Lösung; hierdurch wird das Gas in der Salzsole in feinste Bläschen zerteilt, so daß die Lösungsgeschwindigkeit ganz bedeutend erhöht wird. In etwa 20 bis 25 Minuten läßt sich, nach im einzelnen verschieden modifizierbarer Arbeitsweise, eine befriedigende Ausbeute an Natriumbikarbonat erzielen.

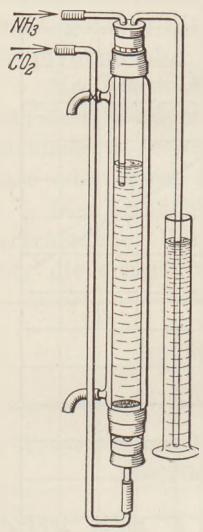


Fig. 2.

Die Vorrichtung ist auch geeignet zur schnellen Darstellung von Natriumbikarbonat aus einer gesättigten Sodalösung.

Apparatur.

Die Apparatur (Fig. 2)[3] gleicht einem LIEBIG-Kühler mit weitem Innenrohr und enganschließendem Kühlmantel. Sie besteht im wesentlichen aus einem dünnwandigen Rohr von 60 cm Länge und 4 cm lichter Weite, das von einem Kühlmantel von 50 cm Länge und 6 cm lichter Weite umgeben ist. Das Mantelrohr ist an beiden Enden auf etwa 4 cm Länge so verengt, daß es durch Überschieben von Gummischlauchstücken bequem mit dem Innenrohr dicht verbunden werden kann. Der Apparat wird senkrecht aufgestellt, indem der Kühlermantel in der Mitte mittels einer Kühlerklammer an einem Stativ befestigt wird. In das Innenrohr wird von unten her durch einen Gummistopfen eine Glassinternutsche mit einem Plattendurchmesser von 30 mm eingeführt. Am besten bewährte sich die „Eintauchnutsche für umgekehrte Filtration", Nr. 36 G 4, von Schott & Gen., Jena. An das frei herausragende Ende der Nutsche wird durch ein Stück Druckschlauch ein dreifach rechtwinklig gebogenes Glasrohr angeschlossen, das über eine Zählflasche (Wasser) mit einer Kohlendioxyd-Bombe verbunden wird[4]. Das obere Ende des Apparates wird durch einen dreifach durchbohrten Gummistopfen verschlossen, durch dessen eine Bohrung ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr eingeführt wird, dessen längerer Schenkel so lang sein muss, daß er bei einer Füllung des Apparates mit 250 cm³ Lösung etwa 3 bis 4 cm in diese eintaucht. Auf der anderen Seite steht dieses Rohr über eine Sicherheitsflasche und eine Zählflasche (Quecksilber oder hochsiedendes Paraffinöl) mit einer Ammoniak-

[1] FRIEDR. C. G. MÜLLER: Z. physik. u. chem. Unterr. **9**, 166 (1896). — K. SCHEID: Vorbereitungsbuch für den Experimentalunterricht in Chemie, 3. Aufl., S. 318. 1926. — E. H. RIESENFELD: Anorganisch-chemisches Praktikum, 9. Aufl., S. 99. 1930.

[2] O. DIELS: Einführung in die anorganische Experimentalchemie, S. 306. 1922. — V. KOHLSCHÜTTER: Praktische Übungen zur Einführung in die Chemie, 4. Aufl., S. 97. 1930.

[3] Zu beziehen von HANS HILGERS, Lehrmittel-Werkstätten, Bonn a. Rh., Meckenheimer Allee 4.

[4] Das Kohlendioxyd steht unterhalb der Nutsche unter einem Überdruck von 700 bis 740 mm Hg.

quelle in Verbindung. Zwischen der Sicherheitsflasche und dem Rohrende wird eine Klemmschraube angebracht! Durch die andere Bohrung führt, wie aus der Figur ersichtlich ist, ein zweifach rechtwinklig gebogenes Ableitungsrohr, das in einen hohen Standzylinder eintaucht, der mit gesättigter Kochsalzlösung gefüllt wird. Durch die dritte Bohrung wird zwecks Kontrolle der Temperatur ein geeignetes Thermometer (bis 50° C.) eingeführt (in der Fig. nicht gezeichnet).

Der Ammoniaksodaprozeß kann nach *zwei* Versuchsanordnungen durchgeführt werden, von denen die eine als Demonstrationsversuch gedacht ist.

Für alle Versuche bereitet man als Stammlösung eine gesättigte Kochsalzlösung. Diese enthält bei Raumtemperatur (20°) 359 g NaCl in 1000 g Wasser. Zur Herstellung verwendet man am besten feinstkörniges Speisesalz, von dem man unter Schütteln 360 g in 1 Liter destilliertes Wasser einträgt. Die vollständige Sättigung der Stammlösung ist wesentlich! Diese enthält in 1 Liter (15°) 316 g Kochsalz.

Nach Beendigung des Versuches ist die Nutsche durch Durchsaugen von verdünnter Säure und Wasser sofort zu reinigen.

Versuchsanordnung I. (Demonstrationsversuch).

Bei dieser Versuchsanordnung werden in eine Kochsalzlösung bestimmter Konzentration gleichzeitig Kohlendioxyd und trockenes Ammoniak eingeleitet.

Der Quetschhahn wird geschlossen, dann wird durch die Nutsche ein schwacher Kohlendioxydstrom geleitet und das Kühlwasser angestellt (Wasser langsam strömen lassen!). Nun füllt man in das Innenrohr 200 cm³ der gesättigten Kochsalzlösung und 50 cm³ destilliertes Wasser[1]. Darauf wird ein kräftiger Kohlendioxydstrom durch die Lösung geschickt, so daß diese durch die feinen Gasbläschen vollkommen milchig getrübt erscheint. Gleichzeitig läßt man nach dem Öffnen der Klemmschraube von oben her Ammoniak einströmen. Die Kohlendioxydzufuhr ist so zu regulieren, daß ein schwacher Gasstrom kontinuierlich die Apparatur verläßt; der Ammoniakstrom wird so reguliert, daß gerade ein deutliches Absorptionsknattern wahrnehmbar ist. Der Durchgang des Kühlwassers wird so eingestellt, daß sich die Temperatur auf etwa 30° hält; ohne Kühlung steigt die Temperatur der Lösung bis etwa 80°. Es ist zu beachten, daß das Volumen der Lösung sich bedeutend vergrössert.

Nach 10 Minuten wird das Einleiten von Ammoniak unterbrochen (der Quetschhahn wird geschlossen), während die Kohlendioxydzufuhr noch etwa weitere 15 Minuten in Gang gehalten wird. Nach etwa 20 Minuten Versuchsdauer läßt die Kohlendioxydabsorption erheblich nach und in der Regel hört ziemlich genau nach 25 Minuten der Kohlendioxyddurchgang durch die Nutsche plötzlich auf, indem das Bikarbonat zur Ausfällung gekommen ist. Man kann das Reaktionsprodukt sofort mittels einer Porzellannutsche abfiltrieren, wäscht auf dem Filter mit wenig Eiswasser aus, preßt auf einem unglasierten Porzellanteller oder zwischen Filtrierpapier scharf ab und trocknet an einem mäßig warmen Orte. Will man das erhaltene Natriumbikarbonat sofort für weitere Versuche verwenden, so wäscht man mit etwas Alkohol und Äther nach und erhält in kürzester Zeit ein trockenes Produkt.

Das erhaltene Natriumbikarbonat ist schön grob kristallin und sehr rein, fast chlorfrei. Nebenstehend seien einige Versuchsresultate angeführt.

Angewandt: 250 cm³ Lösung = 63,2 g NaCl.
Ammoniakstrom: 10 Minuten. Temp. etwa 30°.

CO_2-Strom	Stehen gelassen	Gesamte Versuchsdauer	Ausbeute an $NaHCO_3$	
Min.	Min.	Min.	g	%
17	5	22	17	18,5
25	—	25	25	27,5
25	—	25	23[2]	25,5
25	60	85	30	33

[1] Diese Lösung ist mit 253 g NaCl im Liter so verdünnt, daß auch bei einem Überschuß an Ammoniak kein Kochsalz ausfällt. Dem Äquivalenzverhältnis 1:1 entsprechen 73,7 g NH_3/L (vgl. Fig. 1). Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß das Volumen der Lösung zunimmt.

[2] Aus der Mutterlauge waren nach $1^1/_2$stündigem Stehen noch weitere 10 g $NaHCO_3$ ausgefallen, so daß die gesamte Ausbeute auf 33 g = etwa 36,5% stieg.

Sollte bei einem Versuch nach 25 bis 30 Minuten bei 30° das Bikarbonat noch nicht ausgefallen sein, so wurde zuviel Ammoniak eingeleitet, was sich auch durch den intensiven Ammoniakgeruch der Lösung verrät. Man kann den Versuch dann noch retten, indem man die Lösung in ein Becherglas oder einen Kolben ausgießt und durch kurzes Erwärmen das überschüssige Ammoniak vertreibt; beim Abkühlen fällt das Natriumbikarbonat aus.

Der Versuch bietet bei einiger experimenteller Übung keine Schwierigkeiten. Er ist gedacht als Demonstrationsversuch. Für die Übungen im Praktikum eignet er sich weniger; hierfür kommt die zweite Versuchsanordnung in Betracht.

Versuchsanordnung II.

Bei dieser Versuchsanordnung wird zunächst eine ammoniakhaltige Kochsalzlösung bereitet, die dann in der Apparatur mit Kohlendioxyd gesättigt wird. Dieses Vorgehen entspricht durchaus dem technischen Gebrauch, nach dem die Salzsolen in getrennten Apparaturen zunächst mit Ammoniak und darauf mit Kohlendioxyd behandelt („karbonisiert") werden.

Der Ammoniaksodaprozeß erfordert theoretisch 1 Mol NH_3 auf 1 Formelgewicht NaCl. Bei gleichzeitiger Sättigung der Lösung an Natriumchlorid entspricht diesem Verhältnis eine Sole, die im Liter bei 15° 269 g NaCl und 78 g NH_3 enthält (siehe Fig. 1). Die Zusammensetzung der in der Technik verwendeten ammoniakalischen Solen liegt zumeist nahe bei diesen Werten[1]; die Lösungen enthalten teils Ammoniak, teils Kochsalz in geringem Überschuß über das theoretisch geforderte Äquivalenzverhältnis (vgl. Fig. 1).

a) Wir haben Versuche mit einer derartigen gesättigten Lösung ausgeführt, von denen einige nachstehend tabellarisch zusammengestellt sind. Die Lösung enthielt im Liter 265 g NaCl und 82 g NH_3, entsprechend 1 NaCl : 1,06 NH_3 (vgl. Fig. 1, unter a).

Angewandt: 300 cm³ Lösung = 79,5 g NaCl

Nr.	CO_2-Strom Min.	Stehen gelassen Min.	Gesamte Versuchsdauer Min.	Direkte Ausbeute	nach 24 Stdn. g	Gesamte Ausbeute
1	21	1	22	24 g = 21 %	13	37 g = 32,5%
2	18	4	22	25,5 g = 22,5%	11	36,5 g = 32 %
3	21	2	23	28 g = 24,5%	10	38 g = 33,5%
4	23,5	—	23,5	14 g = 12,5%	22	36 g = 31,5%

Bei den Versuchen 1 bis 3 betrug die Temperatur der Lösung 30°, bei Versuch 4 dagegen 25°. Das Reaktionsprodukt ist sehr wenig rein.

Da die Verwendung gesättigter ammoniakalischer Solen im Kleinversuch nach unseren Erfahrungen keinen Vorteil bietet und die Herstellung der Lösungen längere Zeit erfordert, empfehlen wir die Verwendung ungesättigter Solen, die sich unter Verwendung der Stammlösung unmittelbar herstellen lassen, sodaß der Versuch noch an Anschaulichkeit gewinnt.

b) Unterrichtsversuch. Die Apparatur vereinfacht sich, indem die Ammoniakzuleitung fortfällt. Der Versuch wird folgendermaßen ausgeführt: Zunächst wird durch die Glassinternutsche ein schwacher Kohlendioxydstrom geleitet, dann werden 230 cm³ der gesättigten Kochsalzlösung eingefüllt und darauf 95 cm³ einer 25%igen Ammoniaklösung (spez. Gew. 0,910 bei 15°). Die so gewonnene Sole enthält Natriumchlorid und Ammoniak im Molekularverhältnis 1 : 1,02. Der gesättigten ammoniakalischen Sole entspräche ein Natriumchloridgehalt von 276 g im Liter, während die angewandte Lösung nur 223,7 g Natriumchlorid im Liter enthält (vgl. Fig. 1, unter b). Solche ungesättigten Solen werden in der Technik vereinzelt auch verwendet; der Salzgehalt der Versuchslösung liegt nahe bei dem einer technischen Sole (siehe Fig. 1).

[1] Vgl. FRITZ ULLMANN: Enzyklopädie der technischen Chemie. 8, 2. Aufl. (1931). — H. OST: Lehrbuch der Chemischen Technologie.

Nach dem Aufsetzen des oberen Stopfens mit Ableitungsrohr und Thermometer wird ein lebhafter Kohlendioxydstrom durch die Lösung geschickt, so daß diese völlig milchig getrübt erscheint, während das Kohlendioxyd in vereinzelten Blasen in langsamer Folge in den Standzylinder austritt. Die Temperatur wird durch Kühlung auf etwa 30° gehalten (Kühlwasser nur langsam fließen lassen!); bei niedrigerer Temperatur beansprucht der Versuch längere Zeit. Bei richtiger Regulierung der Temperatur hört der Kohlendioxyddurchgang durch die Nutsche nach 20 bis 25 Minuten infolge reichlicher Ausscheidung von Bikarbonat auf. Das Reaktionsprodukt kann sofort abfiltriert, gewaschen und getrocknet werden. Die erhaltene Menge genügt für eine Reihe anschließender Versuche. Längeres Stehenlassen in oder außerhalb der Apparatur verbessert die Ausbeute; auch fallen aus den Mutterlaugen beim Stehenlassen noch erhebliche Mengen von Natriumbikarbonat an.

Das erhaltene Produkt ist sehr rein, fast chlorfrei und schön grobkristallin.

Bei den Versuchen Nr. 1 bis 5 betrug die Temperatur der Lösung 35° bis 38°, bei den Versuchen Nr. 6 bis 12 wurde sie auf 30° gehalten. Wird die Reaktion bei tieferer Temperatur durchgeführt, so erhält man höhere Ausbeuten, allerdings bei wesentlich längerer Versuchsdauer. So erhielten wir z. B. bei starker Kühlung (Temp. 16° bis 18°) und einer Versuchsdauer von 40 Minuten nach 24-stündigem Stehenlassen 50 g Natriumbikarbonat, entsprechend 48% der Theorie.

Angewandt: 325 cm³ Lösung = 72,7 g NaCl

Nr.	CO_2-Strom	Stehen gelassen	Gesamte Versuchsdauer	Ausbeute an $NaHCO_3$	
1	15 Min.	2 Min.	17 Min.	17 g	16,5%
2	15 „	10 „	25 „	18 g	17 %
3	15 „	60 „	75 „	23 g	22 %
4	18 „	1 „	19 „	17 g	16,5%
5	18 „	60 „	78 „	32 g	30,5%
6	20 „	2 „	22 „	19 g	18 %
7	21 „	1 „	22 „	21 g	20 %
8	25 „	1 „	26 „	22 g	21 %
9	25 „	1 „	26 „	23 g	22 %
10	25 „	60 „	85 „	35 g	33,5%
11	25 „	24 Std.	24 Std.	38 g	36,5%
12	26 „	24 „	24 „	39 g	37,5%

Der Versuch bietet keinerlei Schwierigkeiten, er gelingt stets. Er wird in der beschriebenen Weise von den Praktikanten regelmäßig ausgeführt ohne jede Störung.

c) Man kann mit dem Salzgehalt der ammoniakalischen Sole sogar noch erheblich weiter heruntergehen, ohne im Kleinversuch an Ausbeute zu verlieren. Um diese Verhältnisse zu prüfen, arbeiteten wir mit einer Sole aus 175 cm³ der gesättigten Natriumchloridlösung, 50 cm³ Wasser und 75 cm³ einer 25%igen Ammoniaklösung. Diese Lösung enthält NaCl und NH_3 im Molekularverhältnis 1:1,06, ihr Kochsalzgehalt beträgt 184,3 g im Liter, anstatt 281,5 g bei völliger Sättigung (vgl. Fig. 1, unter c). Bei dieser Lösung steigt die Temperatur nicht so hoch; man füllt den Kühler mit Wasser, läßt dieses aber nicht laufen; erst nach beendetem Kohlendioxyddurchgang wird das Kühlwasser angestellt und die Lösung auf 25 bis 30° abgekühlt.

Angewandt: 300 cm³ Lösung = 55,3 g NaCl

Temp. der Lösung	CO_2-Strom	Stehen gelassen	Gesamte Versuchsdauer	Ausbeute an $NaHCO_3$	
42°	16,5 Min.	10 Min.	26,5 Min.	20 g	25 %
42°	17,5 Min.	10 „	27,5 „	22 g	28 %
42°	17 „	24 Std.	24 Std.	25 g	31,5%
16°	43 „	24 „	24 „	41 g	51,5%

Bei dem letzten Versuch wurde während des Durchleitens von Kohlendioxyd gekühlt.

Versuche mit anderen Reaktionsgemischen.

Des Vergleiches wegen haben wir in unserer Apparatur eine Reihe von Versuchen mit anderen in der Literatur angegebenen Reaktionsgemischen ausgeführt.

1. K. Scheid[1] empfiehlt ein Gemisch gleicher Volumina einer kalt gesättigten Kochsalzlösung und einer gesättigten Lösung von Ammoniumkarbonat, in das ein

[1] K. SCHEID: Vorbereitungsbuch für den Experimental-Unterricht in Chemie, 3. Aufl., S. 317. 1926.

langsamer Strom von Kohlendioxyd bis zum Eintritt der Fällung eingeleitet werden soll. Er bemerkt, daß die Ausbeute an Natriumbikarbonat nur gering und zu weiteren Versuchen nicht ausreichend sei. Eine Ausbeute von 22 bis 26% d. Th. erzielte er dagegen bei einer Versuchsdauer von 20 Minuten, wenn die Lösung in einer „Sodorflasche" unter Druck mit Kohlendioxyd gesättigt wurde.

Angewandt: 300 cm³ Lösung = 47,5 g NaCl

Temp. d. Lösung	Unterbrechung des Versuchs nach Min.	Ausbeute an $NaHCO_3$	
		g	%
22°	10	17	25 (%)
22°	10	16	23,5
22°	20	19	28

Wir erhielten in unserer Apparatur, ohne Kühlung, die hier nicht erforderlich ist, bei einer Versuchsdauer von 10 Minuten etwa dieselbe Ausbeute an Natriumbikarbonat wie Scheid in der Sodorflasche nach 20 Minuten. Das Natriumbikarbonat fällt allmählich und gleichmäßig aus.

2. Nach O. Diels[1] soll durch eine Lösung von 30 g Natriumchlorid in 100 cm³ Wasser, vermischt mit einer gesättigten wässerigen Lösung von 25 g Ammoniumkarbonat in einem hohen engen Zylinder ein kräftiger Strom von Kohlendioxyd hindurchgeleitet werden. Es wird angegeben, daß sich die Lösung nach kurzer Zeit zu trüben beginnt und alsbald reichliche Mengen von Natriumbikarbonat auskristallisieren.

Angewandt: 300 cm³ Lösung

Temp. d. Lösung	CO_2-Strom Min.	Gesamte Versuchsdauer Min.	Ausbeute an $NaHCO_3$ g
22°	20	22	12[2]
22°	20	30	16
22°	22	32	18

Wir erhielten unter Verwendung von analysenreinem Ammoniumkarbonat nebenstehende Resultate.

Die Ausscheidung des Bikarbonats setzt nach 10 bis 12 Minuten ein und schreitet regelmäßig fort.

3. V. Kohlschütter[3] gibt folgende Vorschrift an: In 75 cm³ einer etwa 2n-Ammoniaklösung, die mit 25 cm³ Wasser verdünnt wird, werden 10 g Ammoniumkarbonat gelöst. Diese Lösung wird mit Natriumchlorid völlig gesättigt, und darauf in einem Kolben bis zur Sättigung (2 bis 3 Stunden) Kohlendioxyd in die Reaktionsmischung eingeleitet. Darauf soll der Kolben verschlossen und über Nacht stehen gelassen werden.

Angewandt: 300 cm³ Lösung

Kühlung	Temp. d. Lösung	CO_2-Strom Min.	Gesamte Versuchsdauer Min.	Ausbeute an $NaHCO_3$ g
mit	14°	25	27	27
mit	14°	30	32	30
ohne	25—30°	12	13	30
ohne	25—30°	12	15	35
ohne	25—30°	12	14	30
ohne	25—30°	11	12	26

Wir haben auch mit dieser Lösung einige Versuche in unserer Apparatur ausgeführt, mit dem Resultat, daß man bereits nach kurzer Zeit eine ansehnliche Ausbeute an Natriumbikarbonat erhält, namentlich wenn man ohne Kühlung arbeitet, wobei etwa gerade die optimale Bildungstemperatur erreicht wird.

Bei den ohne Kühlung durchgeführten Versuchen beginnt nach 5 bis 8 Minuten die Abscheidung des Bikarbonats, nach 11 bis 12 Minuten hört der Kohlendioxyddurchgang durch die Nutsche auf[4].

Chemisches Institut der Universität Bonn. Anorganische Abteilung.

[1] O. Diels: Einführung in die anorganische Experimentalchemie, S. 306. 1922.

[2] Aus der Mutterlauge waren nach 24stündigem Stehen noch weitere 7 g $NaHCO_3$ ausgefallen.

[3] V. Kohlschütter: Smith-Habers Praktische Übungen zur Einführung in die Chemie, 4. Aufl., S. 97. 1930.

[4] Die Lösung kann unbeschadet noch verdünnt werden. So erhielten wir bei einem Versuche ohne Kühlung aus 250 cm³ obiger Lösung, verdünnt mit 50 cm³ Wasser, bei einem CO_2-Durchgang von 11 Minuten und einer gesamten Versuchsdauer von 13 Minuten 23 g Natriumbikarbonat.

Kleine Mitteilungen.

Die Messung der Zug- und Druckkomponente auf der schiefen Ebene.

Von Dr. **Wilhelm Volkmann** in Berlin.

Unter der gleichen Überschrift beschreibt K. KRÜSE in Bozen 1911 im Band 24 dieser Zeitschrift auf S. 355 Versuche mit einer Briefwaage. Seine Überlegungen über die Zugkomponente in Richtung der schiefen Ebene sind zutreffend, dagegen sind die Angaben über die Druckkomponente in jeder Hinsicht unrichtig. Trotzdem ergeben die Messungen mit überraschender Genauigkeit die berechneten Werte. Es handelt sich hier um einen sehr merkwürdigen Fall, in dem die Fehler in der Überlegung sich bei der zufällig gewählten Briefwaage und Walze gerade ausgleichen, so daß der Irrtum verschleiert wird. Obendrein führt die ungenaue Zeichnung der Briefwaage noch auf eine falsche Fährte beim Suchen nach der Ursache des sonderbaren Ausgleichs. Nach der Zeichnung könnte man vermuten, daß bei allen Messungen die schiefe Ebene dem rechten Arm des Hebels der Briefwaage parallel gestanden habe. So bequem diese Aufklärung wäre, sie ist nicht annehmbar, denn eine Briefwaage kann gar nicht so aussehen, wie sie dort gezeichnet ist. Jede Briefwaage muß einen Winkelhebel enthalten. Steht der Zeiger auf Null, so zeigt der rechte Arm um 40^0 bis 45^0 aufwärts. Die mitgeteilten Messungen werden nicht angezweifelt. Bei vier verschiedenen Messungen wurden Versuche mit einer 250 g-Briefwaage gemacht, die zwar nicht so genaue Werte gaben, aber ziemlich gut mit KRÜSES Messungen stimmen. Bestritten wird aber die Deutung.

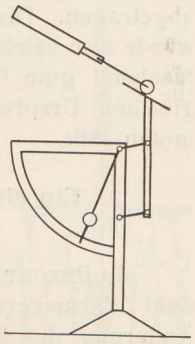


Fig. 1.

Daß die Briefwaage für den beabsichtigten Versuch ungeeignet ist, ergibt sich schon daraus, daß sie nicht nur auf lotrechten, sondern auch auf waagerechten Zug anspricht. Man braucht nur die schiefe Ebene unter gleichem Winkel, aber nach rechts abfallend anzubringen (Fig. 1), dann erhält man eine völlig andere Angabe. Auf einer oberschaligen Waage ist der Versuch einwandfrei ausführbar und gibt dann die richtigen Werte. Ebenso müßten sich die richtigen Werte ergeben, wenn man auf der Briefwaage die schiefe Ebene quer zur Teilkreisebene neigt. Bei dieser Beanspruchung auf Verbiegung arbeitet aber die Briefwaage nicht, sondern klemmt sich fest.

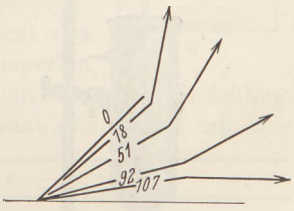


Fig. 2.

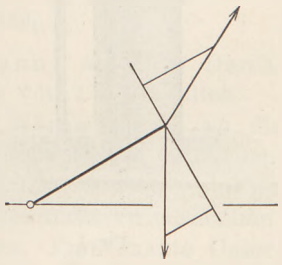


Fig. 3.

Ist G das Gewicht der Walze, so ist der Zug in Richtung der schiefen Ebene, der angewendet werden muß, um ein Abrollen zu verhindern, wie KRÜSE richtig angibt, $Z = G \sin \alpha$. Die aufwärts gerichtete Komponente hiervon ist $Z \sin \alpha = G \sin^2 \alpha$. Diesen Anteil an G trägt die Federwaage, es bleibt also für andere Vorrichtungen zu tragen $G\,(1 - \sin^2 \alpha) = G \cos^2 \alpha$. KRÜSE gibt statt dessen $G \cdot \cos \alpha$ an; das ist aber der Bahndruck B, der senkrecht zur schiefen Ebene wirkt. Sein lotrechter Anteil ist $B \cos \alpha = G \cos^2 \alpha$, ganz wie eben auf andere Weise abgeleitet.

Was hat nun aber KRÜSE gemessen? Fig. 2 zeigt, wie an meiner Briefwaage bei den von KRÜSE beobachteten Ausschlägen 18, 51, 92, 107 g der rechte Hebelarm steht. Ihm ist als Pfeil die Zugrichtung, die Neigung der schiefen Ebene, angefügt. Man sieht, daß der waagerechte Anteil des Zuges in sehr verschiedenem Maße mitwirkt. Für alle gemessenen Werte (0 bis 107 g) bleibt bei der 250 g-Waage der Drehsinn des waagerechten Anteils des Zuges gleichgerichtet mit dem einer Schalenbelastung.

Bei 130 g aber kommt der rechte Hebelarm in die waagerechte Lage, von da an wirken diese beiden Kräfte gegeneinander. Man sieht aus dieser Überlegung und der ganzen Figur, daß die zufällige Wahl einer 107 g schweren Rolle für die Scheinbestätigung der falschen Formel wesentlich war. Die Hälfte oder das Doppelte hätten abweichende Werte gegeben.

Die Kräfteverteilung sei für 60^0 Neigung der Ebene in Fig. 3 dargestellt. Bei 51 g Angabe hat der rechte Arm bei meiner Briefwaage die gezeichnete Neigung. Auf der Zugrichtung wurde 92 g als 18,4 mm, auf der Lotrichtung 107 g als 21,4 mm abgetragen. Die zum Hebelarm senkrechten Anteile entsprachen 46 und 96 g. Es wurde also zeichnerisch 50 g ermittelt, während KRÜSE 51 g gemessen hat. Die überraschend gute Übereinstimmung deutet darauf hin, daß er wohl eine 250 g-Waage gleichen Ursprungs benutzt hat, während seine Zeichnung eine 100 g-Waage vermuten läßt.

Ein einfaches Ausgleichs-Kalorimeter konstanter Temperatur.

Von **E. Hiedemann** in Köln.

J. PRECHT hat in dieser Zeitschrift (**26**, 209 bis 224; 1913) unter einer großen Zahl Wärmeversuche auch eine Anordnung beschrieben, die sich durch eine einfache Änderung des Meßvorgangs als ein Kalorimeter verwenden läßt, das nahezu ohne Wärmeverlust arbeitet. Der verwendete Apparat ist das PRECHTsche Tropf-Kalorimeter zur Bestimmung von spezifischen Wärmen durch Mischung und Wärmeersatz.

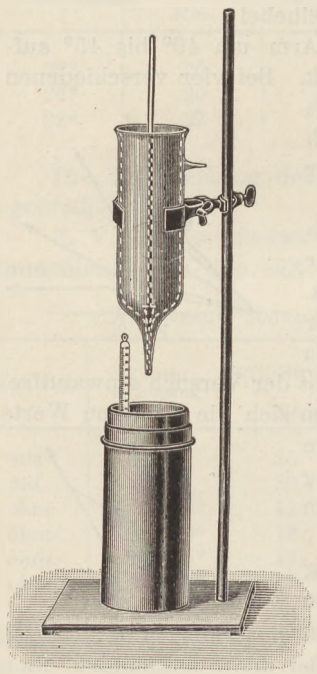


Fig. 1.

Zur Erläuterung dienen die Fig. 1 und 2, woraus die zur Messung benötigten Teile zu ersehen sind.

Fig. 1 zeigt das versilberte doppelwandige Leerraum-Tropfgefäß nach PRECHT, das mittels eines Glasstabes mit übergeschobenem dünnen Kautschukstopfen verschlossen wird.

In Fig. 2 sieht man das Kalorimeter: ein kleiner Metallbecher hängt mittels eines Korkstopfens in einem doppelwandigen versilberten Leerraumgefäß weiter Öffnung[1].

Bei PRECHT ist das Prinzip der Messung folgendes: In das Kalorimeter wird Wasser von Zimmertemperatur eingefüllt. In das Leerraum-Tropfgefäß kommt eine Mischung von Eis und Wasser, oder auch kaltes Wasser und ein Thermometer. Der zu bestimmende Körper wird in einem besonderen Erhitzungsgefäß auf eine genau gemessene Temperatur erhitzt und dann in das Wasser des Kalorimetergefäßes eingebracht. Man beobachtet die Anfangstemperatur im Kalorimeter und die Mischungstemperatur[2], läßt dann kaltes Wasser von bekannter Temperatur aus dem Tropfgefäß einfließen, bis die Ausgangstemperatur wieder erreicht ist. Die Menge des zugeflossenen kalten Wassers, welche durch Nachwägung sehr genau bestimmt werden kann, ergibt dann in einfacher Weise die von dem erhitzten Körper zugeführte Wärmemenge und damit die spezifische Wärme dieses Körpers. Ist nämlich t_a die Ausgangstemperatur des Wassers im

[1] Wie Herr PRECHT dem Verfasser mitteilt, wurde in der damaligen Veröffentlichung eine besondere Figur für sein Tropfkalorimeter aus Sparsamkeitsgründen nicht verwendet, sondern nur im Text auf diese Apparatkombination verwiesen. Aus den gleichen Gründen werden hier wieder die alten Bildstöcke verwendet, für deren Überlassung der Firma Dr. R. Hase in Hannover Dank gesagt sei.

[2] Die Bestimmung der Ausgleichstemperatur ist an sich nicht nötig. Einer freundlichen Mitteilung von Herrn PRECHT entnimmt Verfasser, daß er in seinem Praktikum die Bestimmung der Ausgleichstemperatur aus pädagogischen Gründen vornehmen ließ, zur Anschaulichkeit und um den Praktikanten eine Kontrolle mit der gewöhnlichen Mischungsmethode zu ermöglichen.

Kalorimetergefäß, t_k die Temperatur des erhitzten Körpers und t_l die Temperatur des kalten Wassers im Tropfgefäße, ferner g_l das Gewicht des Ausgleichswassers und g_k das Gewicht des Körpers, sowie c dessen spezifische Wärme, so gilt:

$$g_k \cdot c \cdot (t_k - t_a) = g_l \cdot (t_a - t_l)^1.$$

Der praktische Vorteil der Anordnung von PRECHT ist offenbar; die Wasserwertbestimmung fällt vollkommen heraus.

Durch eine einfache Änderung des Meßvorganges läßt sich der PRECHTsche Apparat als Ausgleichskalorimeter konstanter Temperatur verwenden. Eine für das physikalische Anfänger-Praktikum an der Universität geeignete einfache Anordnung erscheint auch deshalb erwünscht, weil die Kompensations-Kalorimeter in letzter Zeit an Bedeutung gewonnen haben[2].

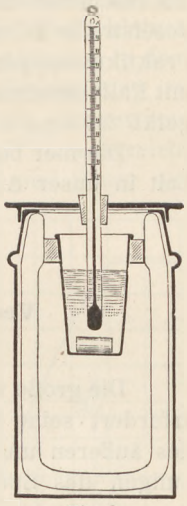


Fig. 2.

Die Messung wird in folgender Weise ausgeführt. Sofort nach Einbringen des erhitzten Körpers wird kaltes Wasser aus dem Tropfgefäß zutropfen gelassen, und zwar so, daß die Temperatur des Kalorimeters nur um höchstens $0{,}1^0$ steigt. Es muß also zuerst viel und nachher wenig Wasser zugelassen werden. Zweckmäßig führt man einen oder mehrere Vorversuche aus, um in der richtigen Weise eintropfen zu lernen. Die Berechnung geschieht nach der oben angegebenen Gleichung.

Es sei hier eine Meßreihe angegeben, die sich mit einem Praktikumsapparat ergab[3]. Bestimmt wurde die spezifische Wärme von Glas (Glasperlen). In der unten stehenden Tabelle bedeuten: g_m das Gewicht des Kalorimeters mit Wasser, g_n das Gewicht des Kalorimeters mit Wasser, vermehrt um das Gewicht der Glasperlen und des Ausgleichwassers; die anderen Bezeichnungen entsprechen der obigen Gleichung. Aus der Meßreihe sieht man am besten, eine wie große Genauigkeit man mit ein-

Versuch	g_m	g_n	g_k	g_l	t_k	t_a	t_l	c
1	172,20	240,00	25,00	42,80	95,00	19,90	11,60	0,1892
2	172,30	243,35	25,00	46,05	95,50	19,70	11,90	0,1895
3	166,73	230,00	25,00	38,27	96,40	21,60	12,30	0,1903

Also Mittelwert: $c = 0{,}189_7$

Der Literaturwert[4] für das benutzte Glas war $0{,}189_5$.

fachsten Mitteln nach der abgeänderten Methode erreichen kann. Auch der Durchschnittspraktikant kann bei einiger Sorgfalt eine Fehlergrenze von 1% einhalten.

Der Vorteil der Abänderung ist leicht erkennbar. Die Wärmeverluste an die Umgebung sind durch die Innehaltung nahezu gleicher Temperatur fast ganz vermieden. Die Fehlerquelle liegt allein in der etwaigen Temperaturänderung des zugetropften Wassers während des Zutropfens und natürlich in der überhaupt nicht zu vermeidenden geringen Verdunstung des Wassers während des Versuches. Eine exakte Untersuchung dieser systematischen Fehler wurde nicht vorgenommen, da der Apparat nur für Praktikumszwecke erprobt werden sollte und bei allen Versuchen auch mit anderen

[1] Bei PRECHT ist S. 214 allerdings — durch einen übersehenen Schreibfehler — die Gleichung im Rechenbeispiel falsch angesetzt; in

$$26{,}63 \cdot c \cdot (222{,}0 - 19{,}6) = 9{,}2 \cdot (17{,}0 - 0)$$

muß statt der Mischungstemperatur $19{,}6^0$ die Ausgangstemperatur $17{,}0^0$ eingesetzt werden. Das Ergebnis bleibt dasselbe.

[2] Siehe z. B. W. A. ROTH, Z. Elektrochem. **38**, 94, (1932) oder H. v. WARTENBERG und R. LERNER-STEINBERG, Z. physik. Chem. **122**, 113, (1926).

[3] Für die Ausführung dieser Versuche unter Praktikumsbedingungen bin ich Herrn stud. phil. HANS LARISCH zu Dank verpflichtet.

[4] W. NERNST, F. KOREF u. A. F. LINDEMANN: Berl. Ber. **1910**, 254.

Körpern sehr gute Übereinstimmung mit den Literaturwerten gefunden wurde. Diese Fehler sind also sicher so klein, daß sie für Praktikumszwecke vernachlässigt werden dürfen[1]. Jedenfalls ist die Genauigkeit, wie zu erwarten war, größer, als nach der ursprünglichen Methode von PRECHT. Im übrigen hat die Methode die gleichen meßtechnischen und pädagogischen Vorteile wie die von PRECHT.

Da nur die Meßmethode, nicht der Apparat abgeändert wurde, so kann der PRECHTsche Apparat benutzt werden, der ebenso wie die verwendeten $^1/_{10}$-Grad-Thermometer und das Erhitzungsgefäß von der Firma Dr. R. Hase in Hannover, Josefstraße 26, nach den Angaben von Prof. PRECHT hergestellt werden. Bei unserem Praktikumsapparat verwenden wir allerdings ein hier vorhandenes Dampfmantelgefäß mit Fallvorrichtung eigener Konstruktion. Ein völlig einwandfrei arbeitendes Erhitzungsgefäß ist eine notwendige Voraussetzung zur Erzielung großer Genauigkeit.

Die hier beschriebene Variante des PRECHTschen Versuches haben wir seit längerer Zeit in unser Anfänger-Praktikum eingeführt, wo sie sich bestens bewährt.

Physikalisches Institut der Universität Köln.

Verstärker für lichtelektrische Demonstrationsversuche.

Von Dr.-Ing. **G. Barth** in Dresden.

Die große wissenschaftliche und praktische Bedeutung des lichtelektrischen Effektes erfordert seine Behandlung im Physikunterricht. Zu den bekannten Erscheinungen des äußeren und inneren lichtelektrischen Effektes treten in neuester Zeit die Erscheinungen des Sperrschichtphotoeffektes und die eines Effektes, den H. DEMBER[2] an Cu_2O-Kristallen beobachtet hat und der zur einfachsten Form einer lichtelektrischen Zelle führt. Für viele Demonstrationsversuche, besonders für solche, die die technische Anwendung des lichtelektrischen Effektes zeigen sollen, ist eine Verstärkung des Effektes notwendig. Beim äußeren lichtelektrischen Effekt ist der Unterschied zwischen dem Dunkelwiderstand der Zelle und ihrem Widerstand bei Belichtung so groß, daß eine Verstärkerstufe für die Betätigung eines Relais oder eines Lautsprechers genügt. Beim Sperrschichtphotoeffekt und bei dem Effekt am Cu_2O-Kristall liegen die bei Belichtung der Zelle auftretenden Spannungen in der Größenordnung von Zehnteln und Hundertsteln Volt. Für die Demonstration dieser Effekte ist daher ein Mehrfachverstärker notwendig. Um allgemein brauchbar zu sein, muß dieser Verstärker neben Wechselspannungen von Tonfrequenz auch Änderungen von Gittergleichspannungen verstärken, oder anders ausgedrückt, er muß Wechselspannungen bis zur Frequenz Null herunter verstärken. Ein solcher Verstärker, der weder Übertragungskondensatoren noch Transformatoren enthalten darf, steht uns in dem galvanisch gekoppelten Widerstandsverstärker zur Verfügung.

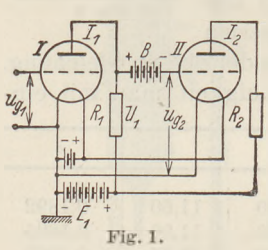


Fig. 1.

Das Prinzip dieses Verstärkers soll an den Fig. 1 und 2 klar gemacht werden[3]. An dem Gitter der ersten Röhre I liege die Gitterspannung $-u_{g_1}$. Dieser Gitterspannung entsprechend fließt der Anodestrom I_1. Er erzeugt in dem Widerstand R_1 einen Spannungsabfall $U_1 = I_1 \cdot R_1$. Ändert sich die Gitterspannung u_{g_1} um Δu_{g_1}, so ändert sich der Anodenstrom I_1 um ΔI_1 und damit der Spannungsabfall U_1 um

[1] Bei den für exakte Messungen verwendeten Kompensations-Kalorimetern fällt diese Fehlerquelle fort, da bei diesen die Temperaturänderung nicht durch Zutropfen von Wasser, sondern in anderer Weise kompensiert wird: Temperaturerhöhung z. B. durch Verdampfungs- oder auch Verdünnungswärmen; Temperaturerniedrigung durch elektrische Heizung.

[2] H. DEMBER, Physik. Zeitschr. **32**, 554; 1931. **32**, 856; 1931.

[3] Die Kenntnis der Abhandlung von F. MOELLER: „Die wichtigen Messungen an der Elektronenröhre zur Bestimmung ihrer wesentlichen physikalischen Eigenschaften" in dieser Zeitschr. **43**, 97; 1930 wird vorausgesetzt.

$\Delta U_1 = \Delta J_1 \cdot R_1$. Die Röhre dient zur Spannungsverstärkung, $\frac{\Delta U_1}{\Delta u_{g_1}}$ ist ihr Verstärkungsgrad. Die Spannungsänderung ΔU_1 muß auf das Gitter der folgenden Röhre übertragen werden. Bezeichnen wir mit E_1 die Spannung der Anodenbatterie der Röhre *I* so besitzt ihre Anode gegenüber dem negativen Heizfadenende das positive Potential $E_1 - U_1$. Wird die zweite Röhre *II* aus derselben Heizbatterie gespeist wie Röhre *I*, würde bei direkter Verbindung von Anode der ersten Röhre und Gitter der zweiten Röhre dieses Gitter dieselbe positive Spannung gegen den Heizfaden haben wie die Anode der Röhre *I*. Wie aus der Fig. 2 zu ersehen ist, tritt schon bei ganz kleinen positiven Gitterspannungen Sättigung des Anodenstromes ein, eine Verstärkung in dem Rohr *II* würde somit unmöglich sein. Um eine möglichst große Verstärkung zu erzielen, muß auf dem geradlinigen Teil der Röhrenkennlinie und, um Gitterströme zu vermeiden, innerhalb negativer Gitterspannungen gearbeitet werden[1]. Das erreicht man durch Einschalten einer Batterie *B* zwischen Anode der Röhre *I* und Gitter der Röhre *II*. Die Größe ihrer Spannung ist nach obigen Ausführungen gegeben durch $B = E_1 - U_1 +$ negative Gittervorspannung der zweiten Röhre. Durch diese galvanische Verbindung bilden jetzt die Spannungsänderungen am Widerstand R_1 gleichzeitig die Änderungen der Gitterspannung der zweiten Röhre, nur mit entgegengesetztem Vorzeichen. Es ist $\Delta U_1 = -\Delta u_{g_2}$.

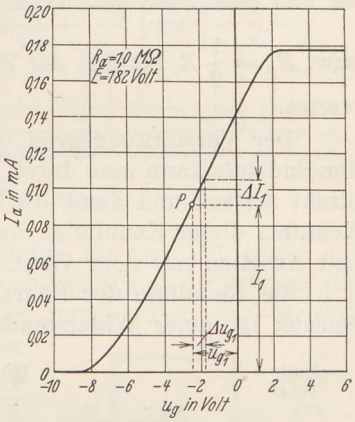


Fig. 2.

Die Gitterspannung Δu_{g_2} kann in gleichartig gebauten Stufen wieder weiter verstärkt werden. An die letzte Spannungsverstärkerstufe schließt sich die Endstufe an, in Fig. 1 die 2. Stufe. In dieser Stufe soll eine Gitterspannungsänderung, in unserem Fall Δu_{g_2}, in dem Widerstand R_2 eine möglichst große Leistungsänderung hervorrufen, die Endröhre dient zur Leistungsverstärkung, der äußere Widerstand R_2 ist der Widerstand des Verbrauchers, z. B. der Widerstand eines Relais.

Über die Eignung einer Röhre in den zwei verschiedenen Verstärkerstufen und die Größe ihrer äußeren Widerstände geben die Formeln Auskunft, die den Wirkungsgrad einer Röhre als Spannungsverstärker und als Leistungsverstärker ausdrücken. Der Verstärkungsgrad *W* einer Röhre als Spannungsverstärker ist gegeben durch

$$W = \frac{\Delta U}{\Delta u_g} = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{1 + R_i/R_a}.$$

R_a ist der äußere Widerstand (in Fig. 1 der Widerstand R_1), *D* bedeutet den Durchgriff und R_i den inneren Widerstand der Röhre (für den Punkt der Kennlinie, auf dem man arbeitet). Die Formel besagt, daß der Verstärkungsgrad von zwei Größen abhängt, von dem Durchgriff *D* und von dem Verhältnis R_i/R_a. Mit wachsendem R_a nähert sich der Ausdruck $\frac{1}{1 + R_i/R_a}$ dem Wert 1, eine Steigerung des Verstärkungsgrades in dieser Richtung ist also begrenzt. Kennzeichnend für die Eignung einer Röhre als Spannungsverstärker ist daher der Ausdruck $\frac{1}{D}$, der als der „Verstärkungsfaktor" der Röhre bezeichnet wird. Die Verstärkung ist umgekehrt proportional dem Durchgriff. Für Widerstandsverstärker werden im Handel Röhren mit etwa 4% Durchgriff geführt.

Als Leistungsverstärker gibt eine Röhre bei Änderung ihrer Gitterspannung u_g um Δu_g die Leistung $N = (\Delta J)^2 \cdot R_a$ ab. Sie ist der Theorie nach

$$N = (\Delta u_g)^2 \frac{1}{D^2} \frac{R_a}{(R_a + R_i)^2}.$$

[1] Über die Wirkung der Gitterströme siehe die Arbeit von F. MOELLER.

Das Verhältnis $\frac{N}{(\Delta u_g)^2} = \eta$ kann als Wirkungsgrad der Röhre als Leistungsverstärker definiert werden. Der Wirkungsgrad hängt zunächst von dem Ausdruck $\frac{R_a}{(R_a + R_i)^2}$ ab. Durch Differenzieren findet man, daß dieser Ausdruck für $R_a = R_i$ ein Maximum besitzt mit dem Wert $\frac{1}{D^2} \cdot \frac{1}{4 R_i} = \frac{1}{4} \cdot \frac{S}{D}$. S bedeutet die Steilheit der Röhrenkennlinie. Der Wirkungsgrad steigt mit der „Güte der Röhre" $\frac{S}{D}$. Der äußere Widerstand R_a ist meist gegeben, in unserem Fall ist es der OHMsche Widerstand des Relais. Für die Wahl der Endröhre sind daher zwei Gesichtspunkte maßgebend: möglichst große Güte der Röhre und Gleichheit von innerem Widerstand der Röhre mit dem Widerstand des Verbrauchers. Die letzte Bedingung ist nicht sehr kritisch, da das Maximum des Ausdruckes $\frac{R_a}{(R_a + R_i)^2}$ nicht sehr scharf ist. Für $R_a = 2 R_i$ bzw. $R_a = \frac{1}{2} R_i$ beträgt der Wert dieses Ausdruckes z. B. noch immer 89 % des Maximalwertes.

Der Verstärkungsgrad der Widerstandsverstärkerstufe und die Leistungsabgabe der Endstufe kann man durch Aufnahme der sogenannten Arbeitskennlinien der Röhren direkt messen und damit die Richtigkeit der beiden obigen Formeln nachprüfen. Die Kenntnis dieser Kennlinien bringt auch noch den Vorteil, daß dadurch das Einstellen und Arbeiten mit dem Verstärker erleichtert wird. Fig. 2 gibt die Arbeitskennlinie, d. h. die Kennlinie der Röhre, die im Anodenkreis mit dem äußeren Widerstand R_a belastet ist, einer Widerstandsverstärkerröhre. Es ist

$$W = \frac{\Delta U}{\Delta u_g} = \frac{\Delta I \cdot R_a}{\Delta u_g} = S_a \cdot R_a,$$

wenn mit $S_a = \frac{\Delta I_a}{\Delta u_g}$ die Steilheit der Arbeitskennlinie in dem Arbeitspunkt P bezeichnet wird. Der Verstärkungsgrad der Spannungsverstärkerstufe ist somit gleich der Steilheit der Arbeitskennlinie der Röhre multipliziert mit dem äußeren Widerstand. Ebenso erhält man den Wirkungsgrad der Leistungsverstärkerröhre zu:

$$\eta = \frac{N}{(\Delta u_g)^2} = \frac{(\Delta I)^2 \cdot R_a}{(\Delta u_g)^2} = S_a^2 \cdot R_a.$$

Das Schaltbild des Verstärkers zeigt die Fig. 3. Er besteht aus zwei Stufen Spannungsverstärkung und einer Stufe Leistungsverstärkung. Die Widerstände der Spannungsverstärkerstufen R_1 und R_2 betragen 0,5 bis 1,0 Meg-Ω. Für die erste Röhre ist meist keine Vorspannung notwendig, die lichtelektrische Zelle liegt direkt zwischen Gitter und negativem Heizfadenende der Röhre. Die Gittervorspannung der zweiten Röhre ist veränderlich. Die Spannung der Batterie B_1 besteht aus einem konstanten und einem veränderlichen Teil, der an einem Potentiometer abgegriffen wird. Der veränderliche Teil muß mindestens so groß sein, daß der Arbeitspunkt der zweiten Röhre längs ihrer ganzen Kennlinie verschoben werden kann. Mit dieser Verschiebung des Arbeitspunktes ändert man gleichzeitig die Gittervorspannung der letzten Röhre, die Batterie B_2 braucht daher nicht veränderlich zu sein. Durch Änderung der Spannung B_2 kann auch die Kennlinie der Endröhre ganz durchlaufen werden. Das ist notwendig, um ihren Anodenstrom so groß zu wählen, daß das Relais, das von ihm durchflossen wird, zuverlässig arbeitet. Aus diesem Grunde muß auch die Anodenspannung möglichst hoch sein, um einen großen geradlinigen Teil der Kennlinie zu erhalten. Zur dauernden Überwachung des Anodenstromes legt man in den Ausgangskreis, mit dem Relais in Reihe, ein Milliamperemeter. In den Anodenleitungen der beiden ersten Röhren sind die Anschlußpaare a und b vorgesehen. Sie

werden entweder durch Kurzschlußstecker überbrückt oder zur Einstellung des Verstärkers mit Milliamperemetern verbunden. Der Aufbau des Verstärkers erfolgt am besten so, daß die Schaltelemente, wie Röhrensockel, Widerstandshalter, Schalter, Potentiometer und Anschlußbuchsen auf eine Hartgummiplatte aufgebracht und alle Verbindungen unterhalb der Platte verlegt werden[1].

Bei der Verwendung von lichtelektrischen Zellen mit sehr großem Widerstand ist ein Schutz des Gitters der ersten Röhre gegen kapazitive Beeinflussung notwendig. Zu diesem Zweck umgibt man die Zelle mit einem geerdeten Blechgehäuse und verlegt die Leitungen von der Zelle zur Röhre in ein geerdetes Metallrohr, wozu sich Metallschlauch sehr gut eignet.

Aus der großen Zahl von Versuchen, die sich durch Verstärkung des lichtelektrischen Effektes sehr wirkungsvoll demonstrieren lassen, seien nur einige Versuche mit einer Cu_2O-Kristallzelle angedeutet[2]. Die Zelle selbst läßt sich sehr leicht herstellen. Sie besteht aus einem gut ausgebildeten Kupritoktaeder-Kristall (Fig. 4), der zwischen zwei mit Löchern versehenen Messingfedern eingespannt ist. Die Federn sind auf einer runden Hartgummiplatte befestigt und mit zwei Klemmschrauben verbunden. Über den Kristall wird zum mechanischen Schutz und zum Schutz gegen elektrische Einflüsse eine Messinghülse gestülpt, die zwei Öffnungen zur Belichtung des Kristalls besitzt. An der Hülse läßt sich ein Metallstab befestigen, um die Zelle mittels eines Reiters auf eine optische Bank zu setzen. Der Cu_2O-Kristall hat einen sehr großen Widerstand. Die Leitungen von der Zelle bis zur ersten Röhre verlegt man deshalb in Metallschlauch. Metallgehäuse und Metallschlauch sind zu erden. Zur Belichtung der Zelle verwendet man eine hochkerzige Metallfadenlampe, deren Licht durch eine kurzbrennweitige große Linse auf die Zelle konzentriert wird. Lampe, Linse und Zelle werden auf einer optischen Bank aufgebracht.

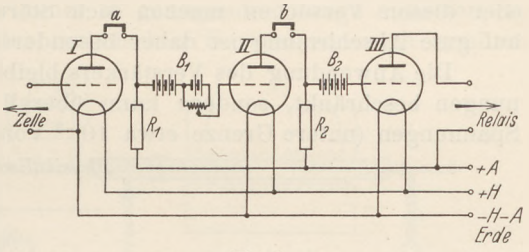


Fig. 3.

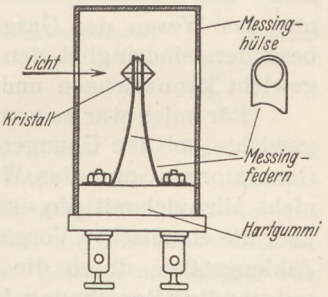


Fig. 4.

In dem Ausgang des Verstärkers kann entweder ein großes Demonstrationsgalvanometer, ein Relais oder ein Lautsprecher liegen. Dadurch ergeben sich drei Arten von Versuchen.

1. Im Ausgang liegt ein Galvanometer: Demonstration der Eigenschaften einer Photozelle und ihrer Anwendung in der Meßtechnik. Auf der optischen Bank befinden sich nur die Beleuchtungslampe und die Zelle, die Linse ist entfernt. Änderung der

[1] Als Anodenspannung braucht man, je nach der Empfindlichkeit des Relais, 100 bis 200 Volt. Die Anodenbatterie muß bis 30 Milliampere belastbar sein. Die Spannung der Batterie B_1 beträgt 30 bis 50 Volt, wovon etwa 10 Volt über das Potentiometer kurzgeschlossen sind, die der Batterie B_2 40 bis 80 Volt. Die Batterie B_2 wird gar nicht belastet, von der Batterie B_1 nur der Teil, der am Potentiometer liegt, das deshalb einen großen Widerstand besitzen muß. Als Potentiometer eignet sich ein Hochohmpotentiometer von ungefähr 10 000 Ohm Widerstand, wie es die Industrie für Rundfunkzwecke herstellt.

Der Aufbau kann auch gleich die Verwendung des Verstärkers als zwei- und einstufigen Verstärker vorsehen. Dadurch wird der Verstärker, der Gleich- und Wechselspannungen verstärkt, ganz allgemein brauchbar. Als einstufiger Verstärker kommt er nur für einige Versuche mit Alkalizellen in Betracht. Für die erste Röhre werden dann eine Gittervorspannung und ein Gitterwiderstand notwendig.

[2] Sämtliche Versuche können natürlich auch mit Sperrschicht-Photozellen und Alkalizellen (äußerer lichtelektrischer Effekt) ausgeführt werden.

Die Kristallphotozelle kann von E. Leybolds Nachfolger in Köln-Bayental bezogen werden.

Beleuchtung der Zelle durch einen rotierenden Sektor oder durch Verschieben der Lichtquelle zeigt die Proportionalität zwischen Lichtintensität und lichtelektrischem Strom und läßt das quadratische Entfernungsgesetz nachprüfen. Durch Einschalten von farbigen Gläsern in den Lichtweg ergeben sich Versuche über die Abhängigkeit des lichtelektrischen Stromes von der Frequenz des Lichtes.

2. Im Ausgang liegt ein Relais: Verwendung der lichtelektrischen Zelle als Sicherheitsvorrichtung im Eisenbahn- und Bankwesen, in der Beleuchtungstechnik, als Zähl- und Registriervorrichtung usw. Durch abwechselndes Belichten und Verdunkeln der Zelle lassen sich Lampen einschalten, elektrische Glocken betätigen[1].

3. Im Ausgang liegt ein Lautsprecher: Verwendung der Photozelle im Tonfilm und beim Fernsehen. Durch einen rotierenden Sektor belichtet man die Zelle intermittierend und kann so Töne von den kleinsten bis zu großen Frequenzen erzeugen. (Bei diesen Versuchen machen sich Störungen besonders unangenehm bemerkbar, auf gute Abschirmung ist daher besonderer Wert zu legen.)

Die Anwendung des Verstärkers bleibt nicht nur auf die lichtelektrischen Erscheinungen beschränkt, sondern kann überall dort erfolgen, wo das Auftreten kleiner Spannungen (untere Grenze etwa 10^{-3} Volt) bzw. kleiner Ströme gezeigt werden soll.

Physikalisches Institut der Technischen Hochschule Dresden.

Technisches Gasgleichgewicht als physikalisch-chemische Übungsaufgabe.

Von **Erich Schwarz von Bergkampf** in Graz.

Gerade über die praktisch so wichtigen Gasgleichgewichte gibt es keine einfachen Vorführungsversuche, die auch zugleich eine wenigstens näherungsweise Bestimmung der Gleichgewichtskonstanten erlauben. Solche einfache Versuche führen nicht nur das Wesen der Gasgleichgewichte dem Praktikanten vor Augen, sondern auch besonders eindringlich den Zusammenhang der einzelnen Zahlengrößen, die das Gleichgewicht kennzeichnen und dafür maßgebend sind.

Für mich war es von Bedeutung, daß gerade allgemein technisch wichtige Gleichgewichte bei den Übungen in einfacher Weise durchgearbeitet werden. Es wurde das Generatorgas- und das Wassergasgleichgewicht verwendet, um den Hörern, die sich nicht allzuviel mit physikalischer Chemie beschäftigen konnten, eine klare Übersicht über die chemischen Vorgänge zu geben, die zu einem Gleichgewicht führen und über die Zahlengrößen, durch die dann das Gleichgewicht bestimmt wird. Dabei sollte die selbständige Berechnung besonders dazu beitragen, die Abhängigkeit der Größe dieser Zahlen von der Lage des Gleichgewichtes eingehend zu vermitteln.

Da es an einem Übungshalbtage leicht möglich ist, an einer Apparatur mehrere Bestimmungen bei verschiedenen Temperaturen durchzuführen, kann man in einfachster Weise den bedeutenden Temperatureinfluß auf das Gleichgewicht sehen. Dazu ist es aber nötig, daß die einfachen und raschen, jedoch genügend genauen Methoden der technischen Gasanalyse angewendet werden.

Besonders beim Generatorgasprozeß kann man in dem Temperaturbereich arbeiten, in dem die stärkste Verschiebung der Gaszusammensetzung eintritt und so die starke Temperaturabhängigkeit des Gleichgewichtszustandes zeigen. Diese Temperaturabhängigkeit wird durch die Veränderung der Gleichgewichtskonstante nicht so eindrucksvoll dargestellt, wie durch die eben erwähnte Verdrängung des Kohlendioxydes durch das Kohlenmonoxyd bei zunehmender Temperatur.

Nachstehend wird kurz die Einrichtung und Durchführung der Übungsaufgabe über das Generatorgasgleichgewicht beschrieben, so wie sie im Rahmen der physikalisch-

[1] Für diese Versuche eignet sich besonders gut eine Selen-Sperrschicht-Photozelle nach L. BERGMANN in Breslau. Als Lichtquelle dient das Tageslicht des Zimmers. Vorbeigehen an der Zelle in 1 m Entfernung oder schwaches Verdunkeln des Zimmers genügt, um ein Relais ansprechen zu lassen.

chemischen Übungen, an der Montanistischen Hochschule zu Leoben, im S.-S. 1929 vom Verfasser abgehalten wurde.

Zum Schluß wird noch ein Nomogramm gezeigt, das für die Berechnung dieses Gleichgewichtes entworfen wurde und zur raschen Kontrolle der numerischen Berechnung dienen kann.

Das Generatorgasgleichgewicht.

$$2\,CO = C + CO_2 + 41\ kcal.$$

Seit den klassischen Untersuchungen von BOUDOUARD ist dieses Gleichgewicht auch von anderen Forschern untersucht worden, deren Ergebnisse wohl genügend übereinstimmen.

Es lag nahe, dieses Gleichgewicht zu bearbeiten, weil die Reaktionsgase sehr leicht gasanalytisch bestimmbar sind und immer in genügender Menge auftreten, so daß sie nach den einfachen Methoden der technischen Gasanalyse rasch ermittelt werden können. Schon die ersten Versuche zeigten, daß gerade dieses technisch so wichtige Gleichgewicht in einer einfachen Apparatur mit bescheidenen Hilfsmitteln leicht und genügend genau untersucht werden kann.

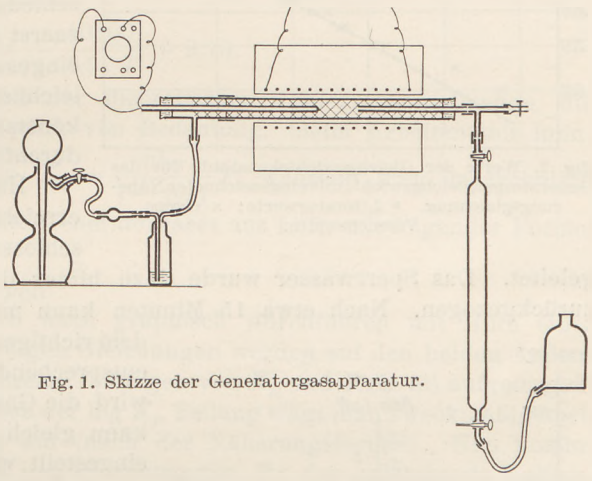


Fig. 1. Skizze der Generatorgasapparatur.

Die Apparatur bestand im Wesen aus einem heizbaren Reaktionsraum, der mit Holzkohlensplittern gefüllt war. Über die Kohle wurde nun bei bestimmter Temperatur luftfreies Kohlendioxyd geleitet und die Reaktionsgase durch eine Kapillare, ein heißkaltes Rohr, abgezogen und analysiert.

Die Einzelheiten der Apparatur seien an Fig. 1 besprochen. Die Entwicklung des Kohlendioxydes erfolgte in einem Kipp-Apparat. Nach PREGL ist das Gasableitungsrohr im Kipp nach oben gebogen, um rasch ein möglichst luftfreies Gas zu bekommen. Das Kohlendioxyd wurde durch ein Wattefilter und eine Schwefelsäurewaschflasche geleitet. Das so gereinigte Gas trat durch ein T-Stück aus Kupfer oder Nickel in den Reaktionsraum ein. Die Reaktion fand in einem Quarzrohr (20 mm ∅) statt, das mit Holzkohlensplittern gut gefüllt war. Dieses Quarzrohr befand sich in einem mit Chromnickeldraht bewickelten Röhrenofen von 25 cm Länge. An einem Ende war an das Quarzrohr mittels eines dicken Schlauches direkt das Kupferrohr-T-Stück angeschlossen. Durch dieses wurde von unten das Kohlendioxyd eingeleitet, und in der geraden Verlängerung war mittels eines Korkstopfens das Pyrometerschutzrohr (Quarz) eingesetzt.

Als Thermoelement wurde die starke Kombination Konstantan-Chromnickel verwendet. Als Anzeigeinstrumente lassen sich dazu die Mavometer (Pat. GOSSEN) in direkter Milliampereschaltung gut anwenden. Diese wohlfeilen Instrumente sind sehr robust gebaut und besitzen trotzdem eine Genauigkeit, die für solche Versuche ausreicht. Die Eichung der Mavometeranzeige erfolgte durch gemeinsame Ablesung eines bekannten Platin-Platinrhodiumelementes und der verwendeten Konstantan-Chromnickelelemente, die in einem Tiegelofen erhitzt wurden. Die Quarzkapillare, durch die die Gase rasch aus dem Reaktionsraum entfernt werden, endet im Ofen symmetrisch mit dem Pyrometerrohr und auch nicht zu weit von diesem entfernt, um wirklich bei der Temperatur die Gase abzuziehen, die vom Thermoelement gemessen wird. An diese Quarzkapillare schließt sich ein kapillares T-Stück aus Glas, dessen

waagrechtes Ende mit einem Schlauch und Quetschhahn verschlossen ist und als Notventil dient. Das nach unten führende Rohr endet frei und paßt dicht in den Anschlußschlauch der skizzierten Gasbürette nach WINKLER. Diese Bürette erlaubt die Abmessung von 100 Volumteilen, ohne das Gas in Berührung mit dem Sperrwasser zu bringen, was hier zu Fehlern führen würde, da die Kohlensäure eine zu hohe Löslichkeit besitzt. Die Analyse erfolgte mit den sehr einfachen Pipetten nach AUGUSTIN.

Die Arbeitsweise war nun sehr einfach. Es wurde der Ofen schnell auf Temperatur gebracht und zugleich kräftig aus dem Kipp Kohlendioxyd austreten gelassen, um die Luft aus dem Kipp zu entfernen. Dann wurde das Kohlendioxyd durch die Apparatur geschickt und frei entweichen gelassen. Die Strömungsgeschwindigkeit ist etwa drei Blasen je Sekunde und muß nicht genauer dem Versuch angepaßt werden.

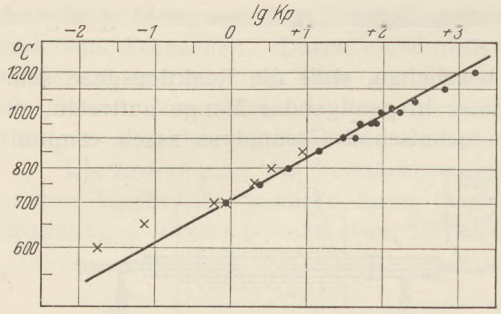


Fig. 2. Werte der Gleichgewichtskonstante für das Generatorgasgleichgewicht, mit eingezeichneter Näherungsgleichung. • Literaturwerte; × eigene Versuchswerte.

Sind mehrere Bestimmungen bei verschiedener Temperatur beabsichtigt, so wird zuerst der Ofen auf die tiefste Temperatur eingestellt. Es lassen sich in drei Stunden leicht drei Bestimmungen der Gleichgewichtskonstante bei verschiedener Temperatur durchführen.

Hat der Ofen die richtige Temperatur erreicht, wird die Winkler-Bürette angeschlossen und das Gas durch die Meßröhre geleitet. Das Sperrwasser wurde dazu hinter den unten befindlichen Dreiwegehahn zurückgezogen. Nach etwa 15 Minuten kann man sicher sein, daß die Bürette mit dem richtigen Gas gefüllt ist, falls der Ofen auf der entsprechenden Temperatur gehalten wurde. Nun wird die Gasbürette abgenommen, und der Ofen kann gleich auf die nächste, höhere Temperatur eingestellt werden.

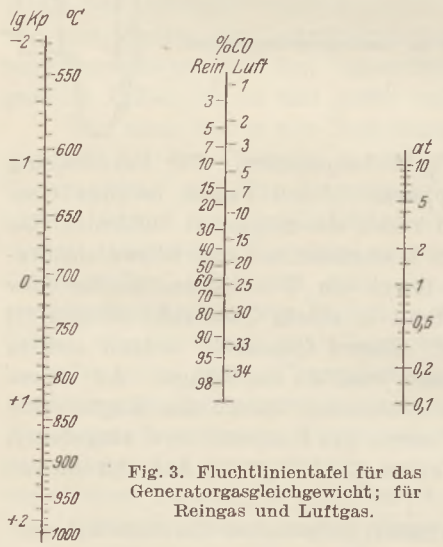


Fig. 3. Fluchtlinientafel für das Generatorgasgleichgewicht; für Reingas und Luftgas.

Das Abschalten der Gasbürette erfolgt durch vollständiges Schließen des unteren Dreiwegehahnes; dabei wird zweckmäßig der Verbindungsschlauch zum Niveaurohr mit einem Schraubenquetschhahn abgeklemmt. Nun entsteht in der Bürette ein kleiner Überdruck, der nötig ist, um später durch einfaches Öffnen des oberen Hahnes das Gasvolumen auf Atmosphärendruck zu bringen. Es wird dann der obere Hahn geschlossen und die Bürette zum Analysentischchen gebracht. Nach dem Temperaturausgleich wird der obere Hahn kurz geöffnet, um das Gas auf Atmosphärendruck zu bringen, unter dem ja alle Ablesungen in der technischen Gasanalyse ausgeführt werden. Es wird nun die U-förmige Kapillare luftfrei aufgesetzt und mit der Kalilaugepipette verbunden. In einer Minute absorbiert die Kalilauge alles Kohlendioxyd, und der Rest, der zurückgemessen wird, besteht aus gebildetem Kohlenmonoxyd. Die Differenz von 100 ergibt die absorbierte Kohlendioxydmenge. Man erhält dabei aus den hundertteiligen Angaben direkt die Menge der Gase in Volumprozenten.

Die Wiederholung einer Bestimmung bei höherer Temperatur erfolgt in der gleichen Weise, nur muß man hie und da das Rohr etwas klopfen, um zu verhindern, daß sich Hohlräume in der Holzkohlenmasse bilden.

Die Berechnung der Ergebnisse wurde in einfachster Weise mit Hilfe eines Rechenstabes durchgeführt. Die aus der Analyse erhaltenen Volumbruchteile der Gase ergeben direkt die Partialdrucke, da bei atmosphärischem Druck gearbeitet wurde.

Bei den Vorversuchen erhielt ich z. B. nebenstehende Werte.

Mavometer Ausschlag	Entspricht °C	Ergebnisse der Analyse: % CO	% CO_2	$K_p = \frac{p^2_{CO}}{p_{CO_2}}$
28,5	600	13	87	$1{,}94 \cdot 10^{-2}$
34	700	53	47	$6{,}0 \cdot 10^{-1}$
39	800	81	19	3,45

Um diese und die in den späteren Übungen erhaltenen Werte mit den Ergebnissen der exakten Messungen, die in der Literatur angeführt sind, zu vergleichen, wählt man am einfachsten die graphische Darstellung. Auch hier ist eine näherungsweise lineare Darstellung des Gleichgewichtsverlaufes in Abhängigkeit von der Temperatur möglich, wenn man als Koordinaten $\log K_p$ und $1/T$ aufträgt (Fig. 2). Die Lage der dargestellten Punkte läßt sich in folgende Näherungsformel fassen:

$$\log K_p = -\frac{40800}{4{,}57\,T} + 9{,}10.$$

Nun ist aber noch die Kenntnis der theoretischen Kohlenmonoxydmenge, die bei bestimmter Temperatur gebildet wird, von Bedeutung. Beim Arbeiten mit Reingas hat man die bekannte Beziehung: $K_p = \frac{p^2_{CO}}{1 - p_{CO}} P$, während man im technisch wichtigen Falle, bei der Herstellung des Generatorgases aus Luft, mit folgender Formel rechnen muß: $K_p = \frac{p^2_{CO}}{0{,}209 - 0{,}6045\,p_{CO}} P$.

Diese Berechnungen lassen sich auch graphisch durchführen mit Hilfe einer Fluchtlinientafel (Fig. 3). Nach den obigen Gleichungen werden auf den beiden Außenleitern im gleichen Maßstab logarithmische Teilungen von K_p und P (in at) aufgetragen, und zwar in verkehrter Richtung. Neben der $\log K_p$ Teilung trägt man zweckmäßig auch die entsprechende Temperaturteilung auf (nach der Näherungsformel). Nun kommt in die Mitte der Tafel die Skala mit den Prozentwerten für das entstehende Kohlenmonoxyd. Dabei kann man auf der einen Seite die Werte für das Reingas und auf der andern die Werte für Luftgas angeben. Diese Werte entsprechen den im halben Maßstab dargestellten Logarithmen der Ausdrücke für CO, die in den obigen Gleichungen angeführt sind. In einfacher Weise berechnet man für die runden CO-Werte die dazugehörigen $\log K_p$-Werte bei 1 at Druck und erhält in den Schnitten der entsprechenden Verbindungsgeraden die Teilung der Mittelleiter.

Diese Fluchtlinientafel dient nicht nur zur Kontrolle der Versuchsergebnisse und deren Berechnung, sondern kann ganz allgemein für die Berechnung dieses Gleichgewichtes herangezogen werden. Denn die neben den $\log K_p$ angegebenen Werte der entsprechenden Celsiustemperaturen machen jede weitere Berechnung überflüssig.

Für die Praxis.

Über den Nachweis des Kupfers auf trockenem Wege (Boraxperle). Von Dr. **Bernhard Batscha** in Olmütz.

Der Nachweis des Kupfers mittels der Boraxperle kann zu den empfindlichsten chem. Reaktionen gezählt werden. Wie später gezeigt werden soll, ist die Feststellung ihrer Empfindlichkeit eine leichte und anregende Aufgabe, die von den Schülern in den praktischen Übungen ausgeführt werden kann.

Vorher sei die qualitative Durchführung dieser Reaktion einer genauen Betrachtung unterzogen. Bekanntlich ruft eine Kupferverbindung in der Boraxperle nach dem Erhitzen in der Oxydationsflamme anfangs eine grünliche Färbung hervor, die später in eine

grünlichblaue Färbung übergeht. Wird die gefärbte Perle neuerdings in der Reduktionsflamme erhitzt, so wird sie, falls relativ größere Mengen Kupfer zugegen sind, undurchsichtig und färbt sich dabei naturgemäß rotbraun; bei sehr geringer Kupfermenge aber bleibt sie durchsichtig, und ihre ursprüngliche Farbe wird nur blasser oder verschwindet eventuell ganz. Um die Reduktion aber auch in diesem Falle zu ermöglichen, wird allgemein der Zusatz von Zinn empfohlen (Treadwell, qualitative Analyse, 1922, S. 208). Die Perle wird zuerst in der Oxydationsflamme bis zur Auflösung des Zinns erhitzt, dann in der Reduktionsflamme, worauf sie durchsichtig mit rötlicher Färbung erscheint. Trotzdem kann es auch da geschehen, daß die gewünschte Reaktion nicht gleich beim ersten Versuche eintritt.

Nach den Beobachtungen des Verfassers aber kommt der Reduktionsvorgang in verläßlicher Weise ohne Zinnzusatz zustande, wenn man die bläulich gefärbte Perle zuerst wieder in der Oxydationsflamme stark erhitzt und dann rasch in die Brennerröhre senkt, wobei zu gleicher Zeit die Zuglöcher des Brenners verschlossen werden; sie bleibt der reduzierenden Wirkung des Leuchtgases solange überlassen, bis sie erkaltet ist. Die rötliche Färbung der Perle tritt noch deutlicher hervor, wenn man sie über einem möglichst dunklen Hintergrund betrachtet.

Nunmehr dürfte es am Platze sein, die Frage zu streifen, warum das Erhitzen der Perle in der gewöhnlichen Reduktionsflamme ein Verblassen oder gar das Verschwinden der ursprünglichen Färbung zur Folge hat. Es liegt der Gedanke nahe, anzunehmen, daß die Reduktion in der Reduktionsflamme des Gasbrenners nicht zur Genüge erfolgt oder aber, daß durch das Herausziehen der heißen Perle eine teilweise Rückoxydation erfolgt, so daß die beiden Farbentöne, die grünlichblaue und die rötliche, eine teilweise oder gänzliche gegenseitige Aufhebung erfahren.

Was nun die Feststellung der Empfindlichkeit der Reaktion betrifft, so läßt sich diese folgendermaßen ausführen: Man mißt eine Folie unechten Blattgoldes in dem im Handel üblichen oder eventuell im verkleinerten Formate nach Länge und Breite genau ab und bestimmt das Gewicht auf der analytischen Wage. Aus dem Blatte können von den Schülern ganz kleine Quadrate von 2 mm Kantenlänge herausgeschnitten werden. Das winzige Blättchen wird nun in der Weise auf die Boraxperle gebracht, daß man diese in der Mitte ein wenig befeuchtet, worauf sich das Blättchen leicht von der Unterlage abheben läßt. Durch das Erhitzen in der Oxydationsflamme wird trotz der winzigen Spuren Kupfer noch eine sehr deutliche Färbung hervorgerufen, die Färbung infolge der Reduktion ist noch intensiver. Die Berechnung der verwendeten Kupfermenge ergibt sich von selbst, indem man das Gewicht der ganzen Folie auf das Gewicht des quadratförmigen Blättchens von 2 mm Kantenlänge umrechnet und indem man in der Legierung einen Kupfergehalt von etwa 75% annimmt. Die Berechnung ergibt ca. 0,02 mg Kupfer. Damit ist selbstverständlich die Grenze der Nachweisbarkeit des Kupfers durch die Boraxperle noch nicht erreicht. Weitere Untersuchungen, die sich auf noch geringere Mengen derselben Kupferlegierung erstreckten, führten zu dem Ergebnis, daß ca. 0,005 mg Kupfer noch eine Färbung der Perle, zumindest nach der Reduktion, erkennen lassen.

Berichte.

4. Unterricht und Methode.

Paul Rischbieth †.

PAUL RISCHBIETH ist geboren am 6. Mai 1862 zu Neustadt am Rübenberge, Provinz Hannover, als Sohn des Bauunternehmers AUGUST RISCHBIETH. In seinem Taufschein sind von den drei Taufzeugen zwei mit der Berufsbezeichnung „Färber" versehen, darunter ein HEINRICH RÖVER, vielleicht sein Großvater, denn seine Mutter war eine geborene RÖVER. In den Färbereien seiner Paten und Verwandten mögen, wie bei vielen Chemikern des vorigen Jahrhunderts, die ersten chemischen Interessen des lebhaften, naturwissenschaftlich veranlagten Jungen erwacht sein. Bis zum 12. Lebensjahre besuchte er die Rektorschule seiner Heimatstadt, später das Realgymnasium zu Osnabrück, das er mit dem Zeugnis

der Reife im März 1881 verließ, um sich dem Studium der Naturwissenschaften zu widmen. Hier in Osnabrück ist FRIEDRICH C. G. MÜLLER, der bekannte Meister des naturwissenschaftlichen Unterrichts, RISCHBIETHS Lehrer gewesen. Der Einfluß FRIEDRICH C. G. MÜLLERS auf den Realgymnasiasten muß ungewöhnlich groß gewesen sein, hebt er ihn doch vor den Hochschulprofessoren, denen er in dem Lebenslauf zu seiner Doktordissertation den üblichen Dank abstattet, als einzigen seiner Lehrer vom Realgymnasium besonders hervor, indem er schreibt „und absolvierte dann von Michaelis 1873 bis Ostern 1881 das Realgymnasium zu Osnabrück, wo ich durch den Unterricht meines verehrten Lehrers, des Herrn Dr. FRIEDRICH C. G. MÜLLER, jetzt Oberlehrer an dem Realgymnasium zu Brandenburg a. H., zuerst ein reges Interesse an den naturwissenschaftlichen Unterrichtsgegenständen nahm".

Das Reifezeugnis von Osnabrück gibt mancherlei bemerkenswerte Aufschlüsse über den Schüler PAUL RISCHBIETH. „Sein Betragen innerhalb der Schule war Lehrern und Schülern gegenüber musterhaft; er zeichnete sich durch angestrengten Fleiß, rege Aufmerksamkeit und lebhaften wissenschaftlichen Sinn, der namentlich den Naturwissenschaften zugewandt war, besonders aus." Wie kurz und treffend wird hier schon die Persönlichkeit RISCHBIETHS charakterisiert. Wer ihn kannte, sieht ihn bereits aus diesen wenigen Worten lebendig vor sich als den von allen Amtsgenossen hochgeschätzten Mitarbeiter, den unermüdlichen Forscher, den an allen Fortschritten der Chemie und der Naturwissenschaften auf das lebhafteste interessierten Gelehrten. Drei Wochen vor seinem Tode saß er noch in der Sitzung der Unterrichtsgruppe des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg und folgte mit seinem lebendigen, aber kritischen Auge den Experimentalvorführungen des Vortragenden, mit gespannter Aufmerksamkeit, ganz bei der Sache, gefesselt von dem Neuen und in seinen Bann gezogen, so wie ihn die Freunde seit mehr als 30 Jahren zu sehen gewohnt waren. So ist er jener Charakteristik seines Reifezeugnisses — so ist er sich selber treu geblieben.

Wie stark die Persönlichkeit des jungen RISCHBIETH mit $18^3/_4$ Jahren schon feste Gestalt angenommen hatte, das zeigt sich auch bereits an den Prädikaten seines Reifezeugnisses in den Arbeitsgebieten seiner besonderen Begabungsrichtung, nämlich in der Chemie und der Physik. Da diesen Fragen eine über das Persönliche hinausreichende Bedeutung zukommt, mögen die Angaben des Reifezeugnisses hier wörtlich wiedergegeben werden:

a) In der Physik besitzt er nicht nur eine ausgedehnte und eingehende Bekanntschaft mit denjenigen Gebieten der theoretischen und Experimentalphysik, welche in der Schule durchgenommen sind, sondern er hat sich auch, und zwar mit gutem Erfolge bemüht, durch Privatstudien seine Kenntnisse zu bereichern, um einen Einblick in diejenigen Kapitel der Physik zu gewinnen, welche wegen der größeren Schwierigkeiten auf der Schule nicht, oder doch nicht eingehend behandelt werden: Vorzüglich.

b) In der Chemie zeigte er ebenfalls ein reges Interesse für alle Gebiete. In der anorganischen und theoretischen Chemie besitzt er schon gute Kenntnisse; für die chemische Technologie hat er ein gutes Verständnis, außerdem hat er eine gewisse praktische Fertigkeit im Laboratorium erlangt, so daß er, unterstützt durch gute Kenntnisse in der analytischen Chemie es wohl versteht, eine nicht allzuschwierige qualitative Analyse gut und richtig auszuführen: Vorzüglich.

Diese beiden Zeugnisse für Physik und Chemie sind überaus kennzeichnend für den künftigen Lehrer RISCHBIETH. Da ist zunächst das starke Interesse für beide Arbeitsgebiete zugleich, jene glückliche Verbindung von Physik und Chemie, die RISCHBIETHS spätere Arbeiten ihrem Charakter nach ganz wesentlich bestimmt haben. Da finden sich die Hinweise auf seine praktische Fertigkeit im Laboratorium, die sich bei den gasvolumetrischen Versuchen später bis zur Virtuosität gesteigert hat, da wird sein gutes Verständnis für die chemische Technologie erwähnt, das häufig in einer wahren Begeisterung für die Leistungen der chemischen Industrie zum Ausdruck kam, wenn sich Fachgenossen mit ihm unterhielten, und er sie mit strahlenden Augen, lebhaft bewegt, mit den neusten Errungenschaften der chemischen Technik und Wissenschaft geradezu überschüttete, oft genug auch denen noch etwas Neues bietend, die selbst recht gut unterrichtet waren.

Kehren wir zu dem Abiturienten PAUL RISCHBIETH zurück, so werden wir es nunmehr kaum noch verwunderlich finden, wenn wir ihn in seinem ersten Semester schon in Heidelberg zu Füßen ROBERT BUNSENS, des Meisters und Schöpfers der physikalischen Chemie, sitzen sehen. BUNSEN war ja der Begründer der gasanalytischen Methoden und besaß die faszinierende Kraft, seinen Schülern seine Arbeitsmethoden aufzuzwingen; da hat unser PAUL RISCHBIETH wohl die ersten gasanalytischen Arbeiten ausgeführt, die seine spätere Lebensarbeit so stark befruchtet haben.

Von Heidelberg kam er einen Monat nach FRIEDRICH WÖHLERS Tod nach Göttingen. Der Geist WÖHLERS und die wissenschaftliche Tradition, die er in beinahe 50jähriger Tätigkeit dort hinterlassen hatte, umgaben den jungen RISCHBIETH in seinen Göttinger Studienjahren; sie zogen ihn wohl auch wieder nach Göttingen zurück, das er, um DU BOIS-REYMOND und A. W. HOFMANN zu hören, noch einmal mit Berlin vertauscht hatte. 1885 promovierte er in Göttingen auf Grund einer Arbeit „Über die Raffinose oder den sog. Pluszucker aus Melasse und aus Baumwollensamen", und 1887 bestand er das Examen pro. fac. doc. in Chemie, den beschreibenden Naturwissenschaften, Physik, Geographie und Mathematik. Gegen Schluß seiner Studienzeit war er drei Semester lang Assistent am Agrikulturchemischen Laboratorium der Universität Göttingen bei Professor TOLLENS, der ihm bei seinem Scheiden aus der Assistentenstelle das

beste Zeugnis ausstellte. Von diesem Laboratorium dürfte auch seine zweimalige Entsendung in die dem Oberpräsidium zu Koblenz unterstellte staatliche Kommission zur Bekämpfung der Reblaus ausgegangen sein. Das Probejahr leistete er an seiner alten Schule, dem Realgymnasium zu Osnabrück, ab, um dann im Oktober 1888 die Stelle als Lehrer an den höheren Lehranstalten des Rauhen Hauses in Hamburg zu übernehmen. 1890 ging er als Hilfslehrer an die höhere Bürgerschule vor dem Lübeckertor und damit in den hamburgischen Staatsdienst über, und 1 Jahr später wird er zum ordentlichen Lehrer an der damaligen Höheren Bürgerschule in Cuxhaven ernannt. 1897 kommt er an das Realgymnasium des Johanneums in Hamburg zurück. In Cuxhaven hatte er seine Gattin kennen gelernt, die er 1899 heimführte und mit der er in glücklichster Ehe lebte; sie schenkte ihm 3 Söhne, über deren erfreuliche Entwicklung und gutes Vorwärtskommen der Vater oft mit Stolz berichtete. Dem Lehrkörper des Realgymnasiums des Johanneums gehörte er bis zum Jahre 1904 an, d. h. in einer Zeit, in der diese Schule in den Naturwissenschaften in Hamburg und darüber hinaus eine führende Rolle spielte. Daher ist es durchaus verständlich, daß er nur ungern einem Rufe an die Oberrealschule in Eimsbüttel folgte, an der er die chemische Sammlung einrichten und den Chemieunterricht organisieren sollte. Er erklärte damals zu Protokoll, er nehme mit Bedauern von der Absicht der Behörde, ihn zu versetzen, Kenntnis; seinen persönlichen Wünschen entspräche diese Versetzung durchaus nicht, wenn er auch glaube erwarten zu dürfen, daß ihm durch Übernahme der Leitung des chemischen Laboratoriums in Eimsbüttel eine größere fachliche Selbständigkeit zufallen werde. Er sei aber bereit, sein persönliches Empfinden zurücktreten zu lassen und erkläre sich mit der Versetzung einverstanden. 1913 reiste er nach Italien zum Studium der vulkanischen Erscheinungen. Michaelis 1927 trat er in den Ruhestand; doch blieb er noch bis Ostern 1928 mit 6 Stunden wöchentlich in der Abiturientenklasse seiner Schule tätig.

Er hatte das seltene Glück, am Ende seiner dienstlichen Laufbahn ganz frisch und unverbraucht zu sein, so daß er sofort nach seinem Ausscheiden aus dem Staatsdienst in den Räumen seiner Schule zahlreiche Probleme des Experimentalunterrichts in Angriff nehmen konnte, die ihn schon lange beschäftigt hatten. Waren bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand seine Veröffentlichungen meist in jahrelangen Zwischenräumen erfolgt, so erschienen von 1927 an in jedem Jahre mehrere Abhandlungen, denn jetzt hatte er ja Zeit, ganz seiner Wissenschaft zu leben. Nicht allzu lange vermochte ihn die treue Gattin vormittags in den freundlich wohnlichen Räumen ihres neuen Heims festzuhalten, denn es trieb ihn hinüber in die Schule zu seinen Experimenten; auch bei der Kaffeestunde am Nachmittag hat er nur zu oft auf die Uhr gesehen und erklärt, es wird Zeit, ich muß an die Arbeit.

Die Oberrealschule in Eimsbüttel, die ihm auch nach seinem Rücktritt vom Lehramt in ihren Räumen Gastfreundschaft gewährte, verdankt ihm eine ausgezeichnete chemische Sammlung. — Auch am 17. Dezember 1931 war er frisch und aufgeräumt wie immer nach der Schule gegangen, doch diesmal, um nimmer wiederzukehren: Im chemischen Laboratorium, an seiner geliebten Arbeitsstätte, zwischen Büretten und Pipetten, ist er mitten aus der Arbeit heraus, einem Herzschlage erlegen. Die Angehörigen und guten Freunde wußten zwar, daß er sich in der letzten Zeit nicht mehr ganz frisch fühlte, aber niemand ahnte, daß das Ende so nahe wäre.

Mit PAUL RISCHBIETH ist der bedeutendste Vertreter des exakten chemischen Schulexperiments, ein Experimentator allerersten Ranges dahingegangen. FRIEDRICH C. G. MÜLLER, BUNSEN und A. W. HOFMANN, die glänzenden Beherrscher gasvolumetrischer Experimente, waren seine Lehrer und gaben seiner Arbeit die Richtung. Mit einer nicht zu verkennenden, aber gewollten Einseitigkeit ist das gasvolumetrische Experiment seine eigentliche Domäne gewesen. Daher aber auch die erstaunliche Beherrschung der Apparatur, die bisweilen ans Märchenhafte grenzte. Mit spielender Eleganz handhabte er seine Büretten, Pipetten und Gaskugeln; ehe man recht erfaßt hatte, was seine Handgriffe bedeuteten, war das Ergebnis schon fix und fertig und stand an der Tafel. Man mußte schon gut Bescheid wissen, wenn man ihm folgen wollte. So war er denn auch natürlich kein Lehrer für die Mittelmäßigen und Schwachen; dazu setzte er viel zu viel voraus. Die guten Schüler waren seine besten Mitarbeiter, sie wurden am stärksten gefördert.

RISCHBIETHS Bedeutung für die Methodik des Chemieunterrichts besteht hauptsächlich darin, daß er die quantitative Ableitung der chemischen Grundgesetze und die quantitative Erfassung der chemischen Umsetzungen im chemischen Schulunterrichte nicht nur forderte, sondern daß er die chemische Experimentaltechnik um eine Fülle von Versuchen bereicherte, die diesem Zwecke in ganz hervorragendem Maße dienen. Die Umgestaltung der gasanalytischen Apparatur von CL. WINKLER, HEMPEL und anderen in einwandfreie Schuldemonstrationsapparate und die Ausgestaltung gasanalytischer Untersuchungsmethoden in einfache Demonstrationsversuche sind RISCHBIETHS unvergängliches Lebenswerk. Zahlreiche überaus zweckmäßige Abänderungen vorhandener Apparate und manche originelle Neuerfindung begegnen uns in seinen Abhandlungen, die zu allermeist in dieser Zeitschrift, vereinzelt auch in den Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften und in der Chemikerzeitung erschienen sind. In dem bei BOYSEN und MAASCH in Hamburg verlegten, 1928 erschienenen Büchlein „Quantitative chemische Versuche, Übungen für den Gebrauch an Hochschulen und höheren Lehranstalten“ [d. Z. 42, 283 (1929)] hat RISCHBIETH die besten seiner gasvolumetrischen, daneben auch zahlreiche maß-

und gewichtsanalytische Versuche zusammengestellt und damit dem chemischen Experimentalunterricht ein ausgezeichnetes Hilfsmittel an die Hand gegeben. Eine neue Auflage des Werkchens harrt noch eines geeigneten Bearbeiters, dessen Befähigung keine geringe sein darf, wenn die Neuauflagen der ersten ebenbürtig werden sollen.

Wenn RISCHBIETH in Hamburg oder auf einer Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts einen seiner ausgezeichneten Demonstrationsvorträge hielt, dann hatte er gefüllte Hörsäle und gespannte Zuhörer, von denen jeder etwas mit nach Hause nahm. Eine ganz besondere Anerkennung seiner Lebensarbeit erblickte er in der Berufung zur Abhaltung eines Lehrgangs für die Lehrer der höheren Schulen im Ferienkursus der Staatlichen Hauptstelle in Berlin. Und noch 3 Wochen vor seinem Tode hatte er die Genugtuung, dem Unterzeichneten, dessen Mitarbeitern die Persulfatverbrennung von Harnstoff nach RISCHBIETHs Beschreibung [diese Zeitschrift **43**, 132 (1930)] nicht einwandfrei gelingen wollte, eine aufs Haar stimmende Harnstoffverbrennung in seinem Schullaboratorium vorzuführen.

Das Bild des Mannes wäre unvollkommen, wollten wir nicht seiner Freude an der Musik gedenken, die in seinem Hause liebevolle Pflege fand und die ihn keine musikalische Veranstaltung seiner Schule versäumen ließ. Dazu war er ein großer Freund der Natur, in der Schule schon ein ausgezeichneter Turner und bis in die letzte Zeit hinein ein rüstiger Wanderer, der mit seiner Gattin gern in die Berge fuhr und ein ausgezeichneter Kenner der Alpen- wie der heimischen Flora war; mit einem kleinen, aber ausgewählten Wanderklub unternahm er regelmäßige Spaziergänge in Hamburgs Umgebung, auf denen die Vielseitigkeit seiner Interessen, sein lebhaftes Temperament und seine Begeisterungsfähigkeit für die Wissenschaft stets für neue Anregung sorgten. Ganz erfüllt von wissenschaftlichem Geist und Streben und dabei im besten Sinne des Wortes gegenwartsnahe, so steht PAUL RISCHBIETHs Bild vor uns, so soll es uns erhalten bleiben!

L. Doermer.

5. Technik und mechanische Praxis.

Tonfilm[1]. Ein Bericht über seine physikalische und technische Entwicklung. Von Dr. FRIEDRICH MOELLER in Berlin-Tempelhof.

Einleitung.

Begriff und Name „Tonfilm" sind außerhalb der engsten Fachkreise erst seit etwa 3 Jahren bekannt geworden, dem Zeitpunkt, als man (zuerst in Amerika) begann, technisch-wissenschaftliche Erkenntnisse wirtschaftlich auszunutzen. Indessen ist das Problem an sich keineswegs so jung, denn schon EDISON hat sich vor 1900 damit beschäftigt, indem er versuchte, Schallwalzen gleichzeitig mit dem Film ablaufen zu lassen (Kinetophon). Die Versuche mißlangen vor allem deswegen, weil es nicht glückte, die nötige Synchronisierung zwischen Ton und Bild herzustellen, abgesehen davon, daß die Qualität der Wiedergabe und die Lautstärke des Tones selbstverständlich sehr unzureichend bleiben mußten. — Das letztere Problem ist bekanntlich erst durch die Erfindung bzw. Entwicklung der Elektronenröhre im letzten Jahrzehnt gelöst worden, während eine hinreichend gute Synchronisierung schon ein Jahrzehnt früher erreicht war. — Von den Forschern, die unter Benutzung der Elektronenröhre als Verstärkermittel die praktische Durchbildung des Tonfilms besonders gefördert haben, verdienen 3 Deutsche ausdrücklich hervorgehoben zu werden: VOGT, ENGL und MASOLLE (Triergon, wie sie sich selbst nannten), die physikalisch und technisch grundlegende Arbeit geleistet haben; auch wirtschaftlich haben sie zweifellos große Verdienste, indem sie vor größerem Hörerkreis Tonfilme vorführten, deren technische Vollendung bereits auf bemerkenswerter Höhe stand, und dadurch zum ersten Mal die allgemeine Aufmerksamkeit auf den neuen Gegenstand zu richten wußten (17. Sept. 1922 in Berlin). Die vollständige Lösung der Aufgabe glückte ihnen nicht, hauptsächlich wohl deswegen, weil sie sich vor immer neue physikalisch-technische Schwierigkeiten gestellt sahen, deren Überwindung nur einer großen Zahl Forscher in gemeinsamer Arbeit gelingen konnte. Die speziellen Kenntnisse, die für die brauchbare Durchbildung des Tonfilms notwendig wurden, wuchsen über den Gesichtskreis eines einzelnen hinaus. Die beiden großen Elektrizitätsgesellschaften Deutschlands, Siemens und A.E.G., scheinen anfangs kein großes Interesse für den Tonfilm gezeigt zu haben, jedenfalls gingen die Triergonrechte um das Jahr 1925 an eine in der Schweiz gegründete Gesellschaft über, die eine Lizenz auch nach Amerika gab, und hier entstanden dann in den beiden folgenden Jahren die ersten technisch brauchbaren Tonfilme, deren physikalisch-technische Weiterentwicklung die führenden großen Elektrizitätsgesellschaften der Vereinigten Staaten mit ihrem großen Stab wissenschaftlicher Mitarbeiter übernommen hatten. Von dort erst kam

[1] Außer anderer Literatur, deren Inhalt Verwendung fand und am Schluß des Aufsatzes zusammengestellt ist, wurde das erste auf diesem Gebiete erschienene Sammelwerk zu diesem Berichte benutzt, das der Verlag unserer Zeitschrift in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellt hat. Auch die Figuren sind diesem Werk mit freundlicher Erlaubnis des Verlages großenteils entlehnt, wofür bestens gedankt sei. Das Sammelwerk trägt folgenden Namen: Tonfilm, Aufnahme und Wiedergabe nach dem Klangfilmverfahren (System Tobis-Klangfilm). Herausgegeben von Dr. F. FISCHER und Dr. H. LICHTE. Mit 378 Figuren. Leipzig: S. Hirzel. 1931. Preis geh. RM 26.—, Leinen RM 27.80.

neuer Antrieb nach Deutschland, wo inzwischen die Triergon-Patente an eine neu gegründete Gesellschaft, die Tonbildsyndikat A. G. (genannt Tobis), übergegangen waren. Inzwischen hatten auch Siemens und A.E.G. beschlossen, sich mit diesen

Fig. 1.

Problemen wissenschaftlich zu befassen; sie gründeten im Jahre 1928 gemeinsam die „Klangfilm G. m. b. H.", die mit der „Tobis" 1929 einen Vertrag schloß zu dem Zweck, die umfangreichen Patente weiterhin gemeinsam auszunutzen. — Das System Klangfilm-Tobis besitzt seitdem in Deutschland Monopolstellung, eine Tatsache, über deren Wert man geteilter Meinung sein kann[1].

Die verschiedenen Verfahren.

Das älteste Verfahren, Ton und Film gemeinsam aufzunehmen und wiederzugeben, geht, wie bereits erwähnt, auf EDISON zurück. Da Schallaufnahme und Schallwiedergabe mit Hilfe einer Schreibnadel auf Schallplatten erfolgt, wird diese Methode „Nadeltonfilm" genannt. Der Nadeltonfilm ist die einfachste und primitivste Ausführungsform seiner Art und kam deswegen naturgemäß zunächst zur Anwendung, um so mehr, als ja die technische Herstellung der Platten nichts wesentlich Neues für den Tonfilm erforderte. Weil die Nadeltonfilme heute bereits nur noch eine untergeordnete Rolle spielen und bald verschwunden sein dürften, soll eine nähere Erörterung hier unterbleiben, zumal der umfangreiche Stoff ohnehin eine starke Beschränkung verlangt[1].

Die modernen Tonfilme werden sämtlich nach dem sog. Lichttonverfahren hergestellt, das heißt, der Ton wird in Form von Schwärzungsunterschieden auf dem Filmband photographiert. Hierbei sind wiederum 2 Methoden zu unterscheiden, die beide gleich häufig Verwendung finden. In Deutschland (Tobis-Klangfilm) wird der Ton in Form von Schwärzungsänderungen, also in Streifen gleicher Breite verschiedener Schwärzung, auf dem Film aufgeschrieben (Fig. 1), weswegen das Verfahren Intensitätsverfahren, Schwärzungsverfahren oder auch Sprossenverfahren genannt wird. Hierbei entsprechen also Unterschiede der Lautstärke Unterschieden der Schwärzung des Ton-Filmstreifens. — Eine andere Art, den Ton auf den Film aufzuschreiben, ist das Amplituden-, Schwarzweiß- oder Zackenverfahren (Fig. 2). Hierbei wird nur eine gleichbleibende Teilschwärzung des Films benutzt, die Lautstärken entsprechen den Amplituden der Trennungslinie Schwarzweiß. In nicht besprochenem Zustande durchläuft diese Trennungslinie die Filmmitte. — Bei beiden Methoden geschieht die Aufnahme in gleicher Weise völlig unabhängig, jedoch synchron mit der Bildaufnahme; Tonfilm und Bildfilm werden bei der Aufnahme laufend mit Kennmarken versehen, um die Zugehörigkeitsstellen später erkennen zu können; erst bei der Positivkopie werden beide Aufnahmen gemeinsam auf den Film gebracht. — Durch den Raumbedarf des Tonstreifens auf dem Film ist das Bildmaß verändert worden. Die einzelnen Maße sind international in folgenden Abmessungen festgelegt worden: Tonstreifenbreite 0,25 cm, Bildhöhe 1,8 cm, Bildseite 2,2 cm, gesamte Breite des Films einschließlich Führungslöcher 3,5 cm. — Da der Bildfilm bekanntlich in 24 Bildern/Sek. mittels des sog. Maltheserkreuzes ruckweise durch die Bildoptik wandert, die Tonfilmwanderung durch die Tonoptik aber mit größter Gleichmäßigkeit zu geschehen hat,

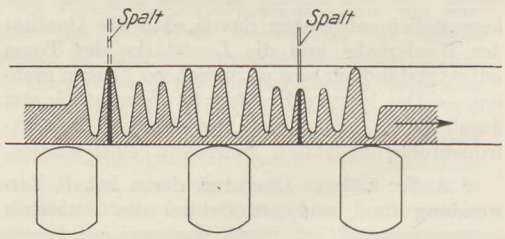


Fig. 2.

ist folgende Vorrichtung bei allen Wiedergabeapparaten getroffen. Der Ton wird gegen das Bild etwa 38,5 cm (20 Bilder) vorkopiert, so daß das Tonfenster um die gleiche Entfernung im Filmlauf hinter das Bildfenster gesetzt werden

[1] Die Apparate tragen die Bezeichnung „System Tobis Klangfilm" für Aufnahmeapparaturen und „System Klangfilm Tobis" für Wiedergabeapparaturen.

[1] Vgl. den Aufsatz des Verfassers in dieser Zeitschrift **44**, 30 (1931).

muß, um Gleichzeitigkeit von Bild- und Tonabnahme zu erhalten. Gleich hinter dem Passieren der Bildoptik wird der Filmstreifen auf genau konstante gleichförmige Geschwindigkeit gebracht, mit der er das Tonfenster durchläuft (vgl. S. 133). Die Konstanz muß sehr genau sein, da schon geringe Laufänderungen sich störend bemerkbar machen.

Der gesamte Hergang von der Aufnahme bis zur Wiedergabe vollzieht sich folgendermaßen. Die Aufnahme erfolgt durch ein oder eine Reihe von Mikrophonen, deren Sprechströme nach genügender Verstärkung den Lichtsteuerapparaten zugeführt werden. Diese wandeln die Spannungswechsel in Lichtwechsel um, wobei es einer guten Optik bedarf, die stets mit einer künstlichen Lichtquelle betrieben wird. Die Lichtwechsel werden auf dem laufenden Filmband wie bereits beschrieben photographiert. Nach Entwicklung beider Filme (Ton und Licht) und nach ihrer weiteren Beurteilung und Behandlung durch den Regisseur werden beide Filme endgültig zusammengesetzt und kopiert. — Im Wiedergabeapparat hat die Rückwandlung von Schwärzungsunterschieden des Films in Schallenergie zu erfolgen. Der Film wird zu diesem Zwecke an einer anderen Gattung von Lichtsteuerapparaten vorübergeführt, die die Fähigkeit besitzen müssen, auf Lichtwechsel in Form von Stromwechseln zu reagieren. Solche Apparate sind heute unter dem Namen Photozellen bekannt. Der Film läuft vor einer Lichtquelle (Tonoptik) konstanter Leuchtstärke vorbei, deren Lichtstrom er gemäß seiner Schwärzung ändert. Der so gesteuerte Lichtstrom fällt hinter dem Film auf die Photozelle, deren Wechselströme verstärkt und endlich im Lautsprecher wiederum in Schall umgesetzt werden.

Bei so zahlreichen Umwandlungen ist eine sehr genaue theoretische und praktische Kenntnis des Verhaltens der Einzelapparate notwendig, um eine wenigstens angenähert naturgetreue Wiedergabe zu erreichen. Eine völlige Vermeidung aller Verzerrungen ist nicht möglich, doch kann die Wiedergabe heute bereits recht befriedigend sein. Im folgenden soll versucht werden, das physikalische Verhalten der Einzelapparate, insbesondere der Lichtsteuerapparate, und die Bedingungen, die der photographische Prozeß selbst zu erfüllen hat, dem Verständnis des Lesers nahe zu bringen. Vorher erscheint es nötig, einige neue physikalische Begriffe zu erörtern, die noch nicht jedem Leser geläufig sein dürften, da sie erst in den letzten Jahren zur Lösung akustischer Probleme definiert worden sind.

Verschiedene Formen der Verzerrung.

Wird ein auf elektrische Spannungsänderungen ansprechender Apparat (um gleich ein Beispiel zu nehmen) mit einer Wechselspannung variabeler Frequenz erregt, so erfolgt die Reaktion des Apparates „ohne Verzerrung", wenn seine Amplituden den Amplituden der Wechselspannung proportional und von der Frequenz unabhängig sind. Sind die Amplituden frequenzabhängig, so spricht man von „linearer Verzerrung". Ein einfaches Beispiel für lineare Verzerrung ist der Stromdurchgang eines Wechselstromes durch eine ideale Kapazität oder eine Induktivität. Bei ersterer ist der „Frequenzgang" positiv, der Strom nimmt bei gleichbleibender Spannung proportional der Frequenz zu, bei letzterer ist er negativ, der Strom nimmt proportional der Frequenz ab. Lineare Verzerrungen sind in der Regel in weitem Umfang zu „entzerren"; bei dem angeführten Beispiel dient die Induktivität in gewissen Grenzen (vor der Resonanz) zur Entzerrung des durch die Kapazität fließenden Stromes. Weit gefürchteter sind die sog. „nichtlinearen Verzerrungen", zu deren Erklärung als Beispiel die Elektronenröhre, und zwar zunächst die Aufnahme des Anodenstromes als Funktion der Gitterspannung, genannt sein möge. Eine lineare Verzerrung tritt nicht ein, denn die Amplitude des Anodenstromes ist von der Frequenz der angelegten Gitterwechselspannung unabhängig. In den Grenzen konstanter Steilheit ist die Elektronenröhre verzerrungsfrei. Wird sie jedoch über diese Grenzen ausgesteuert, so ist der Strom der Gitterspannung nicht mehr konform, die Verzerrung des Anodenstromes wird nichtlinear. Wird die Röhre als Verstärkermittel oder als Generator benutzt, so äußert sich die „nichtlineare Verzerrung" gemäß dem FOURIERschen Theorem im Auftreten von Oberschwingungen, also in Form von zusätzlichen Frequenzen, die ursprünglich gar nicht vorhanden waren. Akustisch wird die nichtlineare Verzerrung durch Auftreten von Obertönen des Grundtones und die durch sie hervorgerufene Veränderung der Klangfarbe der Instrumente (oder auch der menschlichen Stimme) merkbar. Als Maß für die nichtlineare Verzerrung hat KÜPFMÜLLER den Namen „Klirrfaktor" geprägt, der mathematisch folgendermaßen definiert wird. Sind a die Amplitude des Grundtones, a_1, a_2, a_3 .. die Amplituden der entstehenden falschen Obertöne, so ist der Klirrfaktor:

$$K = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 \ldots .}{a^2}}$$

Bei Einschalten eines Übertragersystems oder eines Schwingungskreises in den Röhrenkreis können selbstverständlich auch lineare Verzerrungen hervorgerufen werden. — Lineare und nichtlineare Verzerrungen treten bei allen Umwandlungsvorgängen der Tonfilmherstellung auf; sie dürfen von der Aufnahme bis zur Wiedergabe insgesamt ein gewisses Maß nicht überschreiten, wenn dem Hörer im Theater die Illusion nicht in störendem Maße genommen werden soll. Die Beseitigung der linearen Verzerrungen ist bei allen Umwandlungsprozessen sehr viel leichter als die Beseitigung der nichtlinearen Verzerrungen, deren Herabsetzung auf einen hinreichend kleinen Klirrfaktor noch nicht immer gelingt.

Neben diesen Problemen tritt ein anderes, das früher ebenfalls unüberwindliche Schwierigkeiten brachte, völlig zurück. Die Herstellung genügender Lautstärken auch für die größten Räume ist heute technisch stets möglich, falls ausreichende

Geldmittel vorhanden sind. Die sehr unbefriedigende Wiedergabe von Tonfilmen in vielen Theatern liegt oft daran, daß diese rein wirtschaftliche Bedingung nicht erfüllt ist. Zur ausreichenden Besprechung des Raumes sind dann die Wiedergabeanlagen technisch zu klein gewählt worden, so daß sie übersteuert werden müssen, wodurch nichtlineare Verzerrungen weit über das zulässige Maß auftreten.

Über die Messung von Schalldrucken, Lautstärken und ihre Einheiten (Phon) usw. sei auf die Arbeit verwiesen, die A. WENZEL in dieser Zeitschrift veröffentlicht hat[1].

Die Lichtsteuerapparate der Aufnahmeverfahren.

Die beiden schon oben genannten Lichtschreibmethoden, Intensitätsverfahren und Amplitudenverfahren, benutzen verschiedene Lichtsteuerorgane, unter denen die für das erstere Verfahren entwickelten Apparate weit in der Mehrzahl sind. Die Triergonforscher (und später

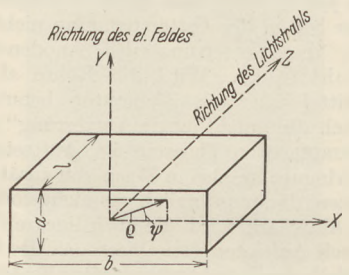


Fig. 3.

Tobis) entwickelten die sog. Ultrafrequenzlampe, eine Glimmentladungslampe, die kathodisches Glimmlicht ausstrahlt. Die Leuchtstärke der Lampe wurde durch die verstärkten Sprechwechselströme gesteuert und damit der Film in ihrem Rhythmus photographisch beschrieben. Ein in Amerika ausgearbeitetes Lichtventil ist die sog. Lichtschleuse, die ein als Lichtspalt ausgebildetes Saitengalvanometer benutzt. Die Spaltbreite wird elektrisch durch die Sprechwechselströme geändert, während die Beleuchtungsstärke konstant bleibt. Es sind noch eine Reihe weiterer Apparate dieser Art entwickelt worden, deren Aufzählung zu weit führen würde. — Das Klangfilmverfahren, das in Deutschland verwendet wird, benutzt als Lichtsteuerorgan die Kerrzelle; ihre physikalischen Grundlagen sollen deswegen hier ausführlicher behandelt werden. Ihre Eignung für die Beschriftung des Filmstreifens nach dem Intensitätsverfahren beruht auf dem bereits im Jahre 1875 von KERR entdeckten Effekt, daß gewisse sonst isotrope Medien (aller drei Aggregatzustände) unter dem Einfluß von elektrischen Feldern doppelbrechend werden und sich dann wie einachsige Kristalle verhalten, deren Achse in Richtung des angelegten elektrischen Feldes verläuft. Der Effekt ist sehr gering im Verhältnis zum Brechungsvermögen der Kristalle, so daß seine technische Verwendbarkeit bis in die neueste Zeit nicht möglich erschien. Erst KAROLUS gelang es im Jahre 1924, eine praktisch brauchbare Zelle zunächst für bildtelegraphische Zwecke herzustellen. Sie müßte daher gerechterweise besser Karoluszelle heißen, doch ist in allen Veröffentlichungen der Name Kerrzelle beibehalten worden. Das Kerrphänomen mag etwas näher erläutert werden (Fig. 3). Aus einem elektrisch doppelbrechenden Körper sei eine rechteckige Platte gschnitten, ihre Länge sei l, ihre Breite b und ihre Höhe a. Das Koordinatensystem verlaufe wie bezeichnet parallel den drei Kanten. In Richtung der Z-Achse werde linear polarisiertes Licht durch die Platte gesandt, dessen Vektor ϱ in der XY-Ebene schwingt und mit der X-Achse den Winkel ψ bildet. In Richtung der Y-Achse werde ein elektrisches Feld gelegt. Das linear polarisierte Licht durchläuft ohne Einwirkung des Feldes die Platte ungehindert. Unter dem Einfluß des Feldes entstehen nach Art der bekannten optischen Erscheinungen in Kristallen 2 Strahlen verschiedener Geschwindigkeiten, die sich im Falle der Verwendung von bereits polarisiertem und einwelligem Licht als Gangunterschied (Phasenverschiebung) der beiden Strahlen beim Austritt aus dem Medium zu erkennen geben. Nach dem Durchgang setzen sich beide Strahlen nicht mehr zu einem geradlinig polarisierten Strahl zusammen, sondern der Vektor ϱ schwingt im allgemeinen Falle in einer Ellipse. Wie in der Kristalloptik heißen Medien, in denen der ordentliche Strahl gegenüber dem außerordentlichen Strahl eine Beschleunigung erfährt, elektrooptisch positiv, im anderen Falle elektrooptisch negativ. Beide Fälle kommen vor. Das Gesetz der elektrischen Doppelbrechung hat bereits KERR gefunden. Ist l die Länge der durchlaufenen doppelbrechenden Substanz (in Zentimetern), $\mathfrak{E}$ die Feldstärke des angelegten Feldes in elektrostatischen Einheiten, B eine dem Medium eigentümliche Konstante (Kerrkonstante), so ist

$$\varphi = B \cdot l \cdot \mathfrak{E}^2, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

wo φ der Gangunterschied der beiden Strahlen in Vielfachen der Wellenlänge λ des verwendeten Lichtes ist. Unter allen bis heute bekannten Medien besitzen das Nitrobenzol und das Nitrotoluol die größte Kerrkonstante, weshalb sie praktisch zur alleinigen Verwendung kommen. Sie sind elektrooptisch positiv. Wird eine Anordnung getroffen, wie sie stets benutzt wird, daß das elektrische Feld mittels metallischer Kondensatorplatten von der Größe $b \cdot l$ qcm und dem Abstand a cm (Fig. 3) mit dem Spannungsunterunterschied U Volt zwischen den Platten an den zu untersuchenden Körper gelegt wird, so ergibt sich unter Benutzung der Beziehung:

$$\text{Einheit der elektrostatischen Feldstärke} = 300 \text{ Volt/cm} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

der Gangunterschied

$$\varphi = \frac{B \cdot l}{9 \cdot 10^4 \cdot a^2} U^2 \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Kerrzelle, wie sie für Tonfilmaufnahmen verwendet wird, ist folgendermaßen gebaut. Ein

[1] A. WENZEL: Neuere Forschungen zu akustischen Problemen, diese Zeitschrift **41**, 146 (1928).

Lichtstrahl einer guten Optik (s. weiter unten) wird durch ein NICOLsches Prisma, den Polarisator, geradlinig polarisiert. Er passiert dann zwischen 2 Plattenkondensatoren, die sich in Nitrobenzol (oder Toluol) befinden, das an die Kondensatoren gelegte elektrische Feld, wodurch elliptische Polarisation eintritt. Das austretende Licht gelangt dann durch ein zweites NICOLsches Prisma, den Analysator, über ein Objektiv auf die Filmschicht. Den Lichtwechsel verursacht der Analysator, der je nach der Stärke des an die Kerrkondensatoren gelegten Feldes und der dadurch bewirkten Komponentenänderung des Vektors ϱ eine veränderliche Lichtdurchlässigkeit

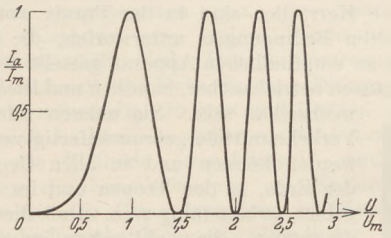


Fig. 4.

zeigt. Feldänderung und Lichtänderung müssen zueinander proportional sein, wenn keine Verzerrungen eintreten sollen. Die Bedingungen, unter denen dies möglich ist, die größte Lichtausbeute, die Fehler, die infolge von Temperatureinflüssen und Verunreinigungen der Flüssigkeit, ferner von Fehlorientierungen der Nicols entstehen können, hat HEHLGANS in einer Reihe von Arbeiten untersucht, deren Resultate hier kurz angegeben seien. Die Lichtausbeute hinter dem Analysator, d. h. die Lichtintensität, die für die Schwärzung des Filmstreifens maßgebend ist, wird ein Maximum, wenn unter Verwendung von gekreuzten Nicols das polarisierte Licht unter einem Winkel von 45° zur Richtung des elektrischen Feldes in den Kerrkondensator eintritt. Hat das unpolarisierte Strahlenbüschel die Intensität I_0, so hat nach MALUS die Lichtintensität hinter einem Nicol den Wert:

$$I_1 = \frac{m_1}{2} I_0 \quad (m_1 < 1) \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Liegt keine Spannung am Kerrkondensator, so ist die Lichtausbeute hinter dem Analysator gegeben durch den Ausdruck:

$$I_m = \frac{m_1^2 \cdot m}{2} I_0 \quad (m < 1), \quad . \quad (5)$$

wo m einen Faktor bedeutet, der die Intensitätsschwächungen im Kerrsystem (Flüssigkeitstrübung usw.) erfaßt. Für die Lichtintensität I_a hinter dem Analysator bei Anlegung einer Spannung an den Kerrkondensator gilt die Beziehung

$$I_a = I_m \sin^2 \pi \varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Setzt man in diese Gleichung den Wert für φ aus (3) ein, so erhält man als Wert für die Lichtintensität bei gekreuzten Nicols unter Anlegung einer Spannung U an den Kerrkondensator:

$$I_a = I_m \sin^2 \frac{\pi \cdot B \cdot l}{9 \cdot 10^4 \cdot a^2} \cdot U^2 \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Fig. 4 veranschaulicht den Verlauf der statischen Lichtspannungskennlinie der Kerrzelle gemäß der Gleichung (7). Als Ordinate ist das Verhältnis $\frac{I_a}{I_m}$, als Abszisse das Verhältnis $\frac{U}{U_m}$ aufgetragen. U_m ist dabei die zu einer bestimmten Wellenlänge λ gehörige Spannung, die den Gangunterschied $\varphi = \frac{1}{2}$ bewirkt, U ist die kontinuierlich erhöhte Spannung am Kerrkondensator. Die Kurven drängen sich mit wachsendem Abszissenmaß mehr und mehr zusammen entsprechend dem Faktor U^2 in Gleichung (7). Der Kurvenverlauf der Fig. 4 gilt zunächst nur für einfarbiges Licht der Wellenlänge λ, weil die Kerrkonstante B sehr stark von der Wellenlänge abhängt. In der Praxis wird der Kurventeil der Fig. 4 als Arbeitslinie der Kerrzelle gewählt, für den

$$0 \leqq \frac{U}{U_m} \leqq 1, \text{ d. h. } 0 \leqq \varphi \leqq \frac{1}{2} \quad . \quad . \quad (8)$$

ist. Er wird im engeren (technischen) Sinne als Lichtspannungskennlinie bezeichnet. Da aber bei der Kerrzellenoptik stets weißes Licht verwendet wird, so gilt hierfür weder die Gleichung (7) noch die Fig. 4. Für weißes Licht läßt sich jedoch, wie die Versuche ergeben, ein mittleres B annehmen, für das sich eine der Gleichung (7) entsprechende Gleichung aufstellen läßt. Auch die Lichtspannungskennlinie verläuft ähnlich, sie ist in Fig. 5 als nun tatsächlich praktisch gültige Arbeitskennlinie der Kerrzelle angegeben. Als Abszisse sind die an den Kerrkondensator gelegten Spannungen, als Ordinate die Lichtwerte aufgetragen. Die Kurve gilt ebenfalls für die Bedingung (8). Den Wert U_v nennt man die Vorspannung oder Ruhespannung der Kerrzelle, eine konstante Batteriespannung, die im vorliegenden Falle etwa 750 Volt beträgt. Ihr entspricht das „Ruhelicht" auf dem Film, das also bei nicht besprochener Zelle eine konstante Schwärzung erzeugt. Die Aussteuerung der Zelle darf nur in den Grenzen $\pm U_{st}$. erfolgen, wenn nichtlineare Verzerrungen vermieden werden sollen. Sie sind in geringem Maß trotzdem vorhanden, da eine strenge Geradlinigkeit nicht besteht.

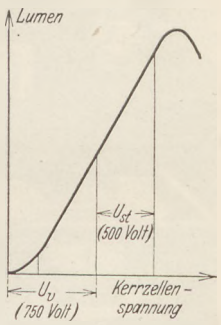


Fig. 5.

Die Verfahren zur Messung der Konstante B, der Gangunterschiede und die Methoden zur Reinigung des Nitrobenzols, die für die Praxis sehr wichtig sind, müssen hier übergangen werden. Es sei bemerkt, daß der Widerstand des Nitrobenzols in gutem Reinheitsgrad etwa 10^{10} Ohm/ccm beträgt; die Durchschlagfestigkeit ist dann etwa $1{,}5 \cdot 10^5$ Volt/cm.

In Fig. 6 ist die Optik für die Kerrzelle skizziert. A ist eine Filmtransportrolle, B ein photographisches Objektiv von 25 mm Brennweite mit einer relativen Öffnung $f : 1{,}4$. GH sind die

beiden Nicols, *CC* die beiden Kondensatorplatten der Kerrzelle; ihr Zwischenraum bildet den Spalt, durch den der Lichtstrahl geht. Die Spaltbreite beträgt in der Zeichenebene 5 mm, senkrecht

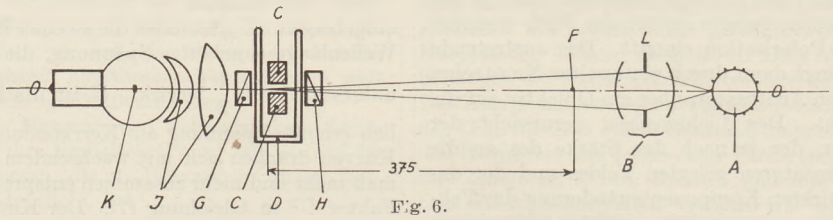


Fig. 6.

dazu (Länge) 40 mm, die Höhe ist 0,26 mm. Die Küvette *D* ist mit Nitrobenzol gefüllt. Ein aplanatischer Kondensor *J* und eine mit 6 Volt betriebene 50-Wattlampe *K* besorgen die Beleuchtung der Spaltbacken. Die Filmschicht liegt auf der Rolle nach außen, so daß auf ihr ein reelles, stark verkleinertes Bild des Kerrzellenspaltes entsteht. Die Größe des Spaltes auf dem Film beträgt in der Länge 2,5 mm, in der Höhe nur 0,017 mm. Die geringe Höhe ist zur Vermeidung von linearen Verzerrungen besonders wichtig, wie später gezeigt wird (S. 128). Ein Gesamtbild einer Tonaufnahmeoptik nach dem Intensitätsverfahren mit der Kerrzelle zeigt Fig. 7.

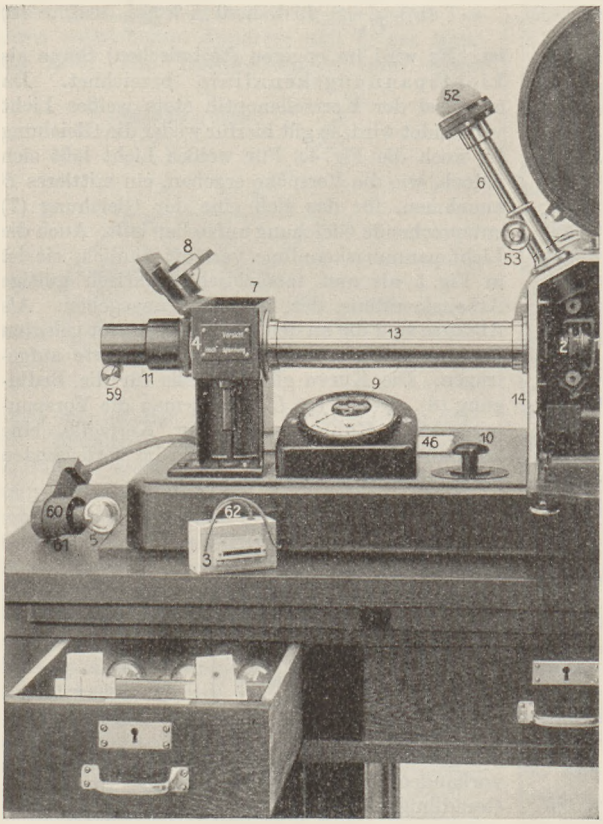


Fig. 7. Tonaufnahmeoptik mit Kerrzelle.
1 Belichtungsstelle, 2 Objektiv, 3 Kerrzelle, 4 Kondensor, 5 Tonlampe, 6 Kontrollmikroskop, 7 Kerrzellengehäuse, 8 Hochspannungsschalter, 9 Leistungsmesser, 10 Tonlampenwiderstand, 11 Tonlampengehäuse, 13 Tubus, 14 Filmlaufgehäuse, 46 Schaltschema, 52 Augenmuschel, 53 Einstelltrieb, 59 Klemmschraube, 60 Lampenfassung, 61 Madenschraube, 62 Kerrzellenzuleitung.

Die Kerrzellen sind in der Praxis wohl den härtesten Bedingungen unterworfen, die je an einen so empfindlichen Apparat gestellt wurden. Sie müssen betriebssicher, handlich und leicht auswechselbar sein. Sie müssen mit allen Verkehrsmitteln gebrauchsfertig versandt werden können und in allen Gegenden der Erde, in den Tropen und im Polargebiet, arbeitsfähig sein. Daß diese Bedingungen, die wohl selten in solchem Ausmaß an ein Präzisionsinstrument gestellt werden, konstruktiv außerordentliche Entwicklungsarbeit erforderten, ist begreiflich.

Das Amplituden- oder Schwarzweißverfahren wird in Deutschland nicht benutzt, kommt aber in England viel zur Anwendung. Als Lichtsteuerorgan dient hier ausnahmslos ein Oszillograph. Da das Prinzip des Oszillographen allgemein bekannt ist, soll hier auf die nähere Besprechung dieser Methode verzichtet werden[1].

Die lichtgesteuerten Organe für die Wiedergabeverfahren.

Als lichtgesteuertes Ventil sowohl für das Intensitäts- wie für das Amplitudenverfahren dient die Photozelle. Sie hat die Aufgabe, Beleuchtungsänderungen in äquivalente elektrische Spannungsänderungen umzuformen. Die Erscheinung der photoelektrischen Wirkungen ist teilweise schon lange bekannt, ihre praktische Ausnutzung (nicht nur für Tonfilmzwecke) reicht kaum ein Jahrzehnt zurück. Da in der vorliegenden Zeitschrift Photozellen bis jetzt sehr wenig besprochen sind, soll zunächst eine Übersicht ihrer Entwicklung und der verschiedenen Formen gegeben werden[2]. Sämtliche Zellen beruhen auf dem lichtelektrischen Effekt, bei dem 2 Fälle unter-

[1] Deutsche Literatur über diesen Gegenstand ist außerordentlich knapp; Verfasser hat außerhalb des erwähnten Werkes keine Angaben darüber finden können.

[2] Vgl. die Arbeiten von H. KRÖNCKE, **39**, 79 (1926); F. KÖNNEMANN, **43**, 264 (1930) in dieser Zeitschrift.

schieden werden. Der „innere Photoeffekt" tritt ein, wenn unter dem Einfluß von auffallendem Licht der Widerstand des bestrahlten Leiters eine Änderung erfährt. Das bekannteste Beispiel hierfür ist das Selen, dessen Lichtreaktion bereits 1839 entdeckt wurde. Der „äußere Photoeffekt" ist dann gegeben, wenn unter dem Einfluß von Licht in dem bestrahlten Körper freie Elektronen ausgelöst werden. Er ist von HALLWACHS entdeckt und zuerst von LENARD genauer untersucht worden. Er kann an jedem Metall (am besten an den Alkalimetallen) mittels empfindlicher Strommesser nachgewiesen werden, falls die Bestrahlung des Metalls in hinreichendem Vakuum vorgenommen und der bestrahlten Platte (Kathode) eine andere Platte (Anode) gegenübergestellt wird. Der Strommesser liegt zwischen Anode und Kathode, eine Hilfsspannung ist nicht notwendig. ELSTER und GEITEL fanden 1910, daß die Emission außerordentlich zunimmt, wenn die Kathode „sensibilisiert" wird. Sie nahmen die Sensibilisierung an Kalium vor, indem sie eine Glimmentladung in Wasserstoff auf die Kaliumoberfläche einwirken ließen. Solche Zelle praktisch zu benutzen, erwies sich als unmöglich, weil ihre Emission sehr inkonstant war. Eine große Reihe experimenteller Untersuchungen folgten, die endlich zu dem gewünschten Resultat der Konstanz und genügender Aktivität führten, wenn das aktive Alkalimetall auf ein geeignetes Trägermetall aufgebracht wurde. — Eine andere Art von äußerem Photoeffekt zeigt sich an sog. Sperrschichten, der erst von SCHOTTKY in jüngster Zeit (1930) entdeckt wurde. Die Zellen, die nach diesem Prinzip gebaut werden, heißen Sperrschichtphotozellen. Sie bestehen aus 2 Leiterplatten, von denen eine als Maschengitter ausgebildet ist, mit dazwischen liegendem Halbleiter; verbindet man die beiden Leiter z. B. durch ein Galvanometer, so fließt ein Strom, falls Licht durch das Maschengitter auf den Halbleiter, die sog. Sperrschicht, fällt. Der Halbleiter besteht bei SCHOTTKY aus Kupferoxydul, der Leiter aus Kupfer. Der Effekt ist noch für infrarote Strahlen vorhanden, weswegen es theoretisch denkbar erscheint, z. B. Sonnenlicht durch genügende Vergrößerung der Flächen in elektrische Energie größerer Leistung umzuformen. Die Forschung dürfte, wenn auch der Gedanke der Energiegewinnung vorläufig völlig utopisch erscheint, sicherlich sehr bald Photozellen schaffen, die an Leistung die heute gebrauchten Muster weit übertreffen werden[1].

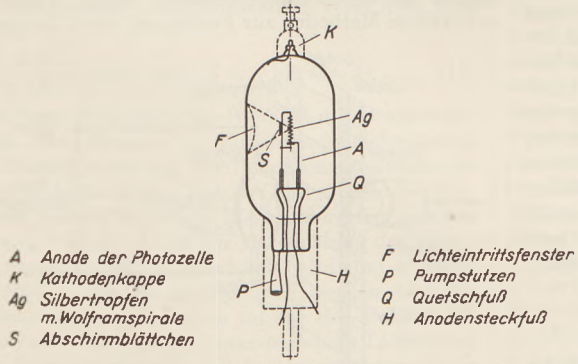


Fig. 8.

Für eine Tonfilmzelle müssen drei Forderungen aufgestellt werden, von der die erste bereits anfangs erwähnt wurde: der der Zelle entnommene Wechselstrom muß proportional der Intensität der Lichtwechsel sein. Eine zweite Forderung ist dadurch gegeben, daß das durch die Optik und insbesondere den Film gelangende Licht sehr von kurzwelligen Strahlen entblößt ist, die Zelle muß also empfindlich für langwellige (rote) Strahlen sein, und endlich muß sie Frequenzunabhängigkeit zeigen; ferner ist auch eine gute Konstanz und Lebensdauer zu fordern. Die Selenzellen erfüllen bis heute diese Bedingungen nicht, da sie Abhängigkeit von der Frequenz und überdies Inkonstanz aufweisen. Deswegen haben sich für Tonfilmzwecke heute nur die Photozellen mit äußerem Photoeffekt als brauchbar erwiesen. Die Entstehung einer Klangfilmphotozelle zeigt Fig. 8. Der zylindrische Glaskörper wird an einer Hochvakuumanlage evakuiert. Die beiden Zuleitungen im Quetschfuß *Q* dienen zur elektrischen Heizung einer Wolframspirale und bringen eine in der Mitte der Spirale befestigte Silberperle Ag zum Verdampfen. Die Silberdampfteilchen fliegen zur Glaswand und lagern sich dort ab. Sie bilden die Auflageschicht für das lichtempfindliche Alkalimetall, das anschließend durch den Pumpstutzen eindestilliert wird. Ein Abschirmblättchen *S* blendet einen Teil der Silberstrahlen ab, um ein Fenster *F* in der Zylinderwand frei zu lassen, durch das später das Tonfilmlicht eintreten soll. Nach Aufbringen der aktiven Substanz auf die Silberschicht und ihrer Sensibilisierung wird die Zelle abgeschmolzt. Sie kann als Vakuumzelle Verwendung finden, oder sie kann auch mit

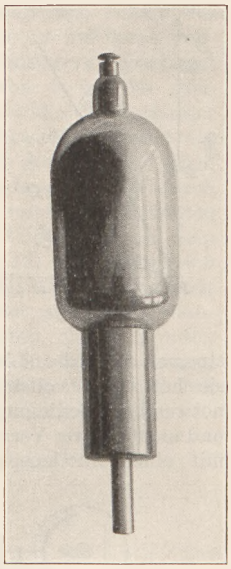


Fig. 9. Photozelle 1/2 nat. Größe.

[1] Die Theorie der lichtelektrischen Effekte ist teilweise noch ungeklärt; theoretische Erörterungen sind deswegen fortgelassen.

Über eine neue Zelle mit äußerem Photoeffekt berichtet R. FLEISCHER in der Z. f. techn. Physik, **1932**, H. 2. Sie arbeitet ohne Vorspannung und gibt einen Strom ab, der bei Belichten mit Sonnenlicht bereits einen kleinen Zählermotor in Bewegung zu setzen vermag.

einem Edelgas (Argon, Helium) gefüllt werden, um den reinen Elektronenstrom durch Ionisation zu verstärken (innere Verstärkung). Das durch den Quetschfuß eingeführte Drahtgebilde arbeitet nach Fertigstellung der Zelle als Anode und ist mittels eines Steckfußes H, der als Sockel dient, nach außen geführt. Die lichtempfindliche Kathode steht über einen Einschmelzdraht mit einer Kontaktschraube als Kathodenanschluß K in Verbindung. Fig. 9 zeigt eine fertige Photozelle in $^1/_2$ der natürlichen Größe. – Die Abhängigkeit des Emissionsstromes von der Lichtintensität zeigt Fig. 10; sie hat einen vollständig linearen Verlauf, die notwendige Bedingung für das Fehlen linearer und nichtlinearer Verzerrungen. Die Zelle arbeitet mit einer Anodenspannung von 60 Volt; die

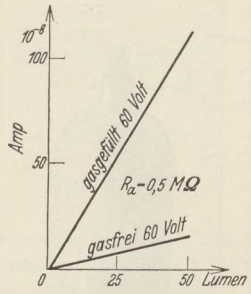


Fig. 10.

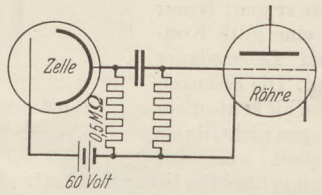


Fig. 11.

Anodenspannung darf einen gewissen Wert (in diesem Fall max. 80 Volt) nicht übersteigen, da andernfalls Glimmentladungen auftreten. — Der Anschluß der Zelle an das Gitter der ersten Verstärkerröhre geschieht nicht über einen Transformator, sondern mittels Kondensator und Widerständen, weil der innere Widerstand R_i der Zelle zu groß ist (0,5 Megohm bei 1 Lux Beleuchtung). Das Schaltschema ist in Fig. 11 angegeben. Zur Größe des Lichtflusses, der im Betrieb auf die Zelle fällt, mag noch gesagt werden, daß die Lichtflußänderung etwa $15 \cdot 10^{-3}$ Lumen beträgt, ein Wert, der durch die Konstruktion des Wiedergabespaltbildgerätes (Wiedergabeoptik) und durch die Transparenz des Tonfilmes festgelegt ist. Ein Schema von Wiedergabeoptik, Photozelle und Film zeigt Fig. 12.

Der photographische Prozeß.

Die Bedingung der verzerrungsfreien photographischen Aufzeichnung ist räumlich dann erfüllt, wenn die Abbildung des Lichtspaltes, durch den das gesteuerte Licht fällt, in Richtung des laufenden Filmbandes auf dem Film so kurz ist, daß sie nur einen unendlich kleinen Teil der Aufzeichnungslänge der höchsten aufzunehmenden Frequenz darstellt. Ein Beispiel möge dies anschaulich machen. Die höchste Frequenz, die bei akustischen Vorgängen festgehalten werden muß, ist 10000 Hertz. Die Länge des in der Sekunde ablaufenden Filmbandes beträgt (vgl. S. 122) $24 \cdot 18$ mm (+ Bildzwischenräume) = 450 mm. Eine Darstellung der Frequenz 10000 Hertz auf dem Film ist nur möglich, wenn die Abbildung des Spaltes in der Höhe den Wert 0,045 mm unterschreitet. (Die Spaltbildhöhe h auf dem Film läßt sich in Parallele setzen zu der Nadelspitze auf der Schallrille einer Schallplatte, deren „Abtastung“ um so besser gelingt, je spitzer die Nadel ist.) Erreicht die Spaltbildhöhe den Wert 0,045 mm, so ergibt sich für die Frequenz 10000 Hertz eine gleichbleibende Schwärzung des Filmbandes. Die Amplitudentreue für irgend eine Frequenz f, ausgedrückt in Unterschieden der Schwärzung, wird um so besser gewahrt, je kleiner h gegen den Quotienten $\frac{450}{f}$ ist. Das gilt in gleicher Weise für das Intensitäts- wie für das Amplitudenverfahren. Wie früher bemerkt (S. 126), beträgt die Spaltbildhöhe beim Intensitätsverfahren 0,017 mm, so daß sich für die Frequenz 10000 Hertz schon eine erhebliche lineare Verzerrung (= Amplitudenverminderung) ergibt. Sie ist nicht von großer Bedeutung, weil die Frequenz 10000 Hertz die obere Grenzfrequenz für akustische Vorgänge darstellt und verhältnismäßig selten auftritt.

Neben dieser rein räumlichen Bedingung für eine verzerrungsfreie Tonaufzeichnung und Tonwiedergabe sind eine Anzahl photographisch-physikalischer Bedingungen zu erfüllen, deren Nichtinnehaltung im allgemeinen nichtlineare Verzerrungen im Gefolge hat. Sie sollen für das Intensitätsverfahren kurz besprochen werden; ihre Aufklärung verdanken wir neben den Triergonforschern vor allem GOLDBERG, EDER und EGGERT. Während die Bildphotographie stets unter der Kontrolle des Auges steht, das letzten Endes über die Güte des Bildes zu entscheiden hat (schon beim Entwickeln des Bildes setzt diese Kontrolle ein), haben bei den Tonbildverfahren streng wissenschaftliche Methoden zur Festlegung der Güte der

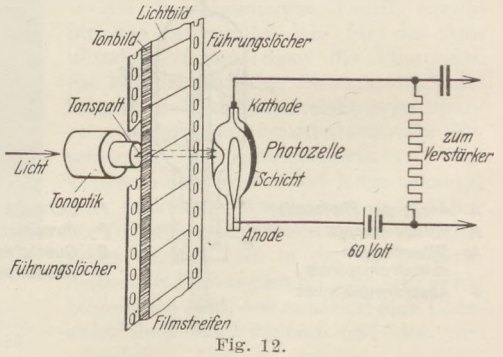


Fig. 12.

Aufnahmen Platz greifen müssen. Für die Tonaufzeichnung werden Kinofilme benutzt, die aus einem perforierten Zelluloidband von 35 mm Breite und 0,15 mm Dicke bestehen, worauf die Emulsionsschicht aufgetragen wird. Sie wird gebildet aus einer Gelatineschicht, in die fein verteiltes Silberbromid eingebettet ist. Physikalisch stellt die Silberemulsion ein grobdisperses System dar, in welchem die einzelnen Silberbromidkörner mit dem Mikroskop

noch aufgelöst werden können. Für die Eigenschaften der photographischen Schicht ist nicht nur die Größe der Körner, sondern auch ihre Zahl und ihre Verteilung maßgebend. Die Korngröße schwankt bei gewöhnlichen Bromsilberschichten zwischen 0,5 und 5 μ. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Empfindlichkeit der Schicht mit wachsender Korngröße zunimmt. Auch die Kornverteilung spielt eine wichtige Rolle. Unter der Einwirkung des Lichtes findet zunächst bekanntlich die latente Zersetzung des Bromsilbers statt, die in Entwicklern sichtbar gemacht wird. Das ausgeschiedene Silber bewirkt die Schwärzung der photographischen Schicht. Sie kann photometrisch gemessen werden, wobei man als Schwärzung den BRIGGSschen Logarithmus des Verhältnisses von auffallendem zum durchgelassenen Licht der Photometer-Lichtquelle definiert:

$$S = \log \cdot \frac{I_o}{I_d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Das Verhältnis $\frac{I_o}{I_d}$ wird als Opazität, der reziproke Wert als Transparenz bezeichnet. Die entstehende Schwärzung muß eine Funktion der von der Schicht absorbierten Lichtmenge sein, die sich aus der Intensität i des auffallenden Lichtes multipliziert mit der Beleuchtungsdauer t ergibt:

$$S = f\,(ki,\ t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)^1$$

Zeit und Intensität lassen sich jedoch innerhalb der Gleichung nicht beliebig vertauschen, diese Möglichkeit ist nur in kleinem Intervall gegeben, wie SCHWARZSCHILD entdeckt hat. Die Abweichung wird Schwarzschildeffekt genannt. Die durch die Funktion (10) dargestellte Kurve heißt Gradationskurve, sie zeigt für alle Emulsionen einen ähnlichen Verlauf (Fig. 13). Sie ist im unteren und oberen Verlauf gekrümmt und enthält in der Mitte einen (nahe) geradlinigen Teil, dessen Steigung einen konstanten Wert hat. Man setzt:

$$\frac{d\,S}{d \log\,(ki,\ t)} = \gamma \text{ oder } S = \gamma \log\,(ki,\ t) \quad . \quad . \quad (11)$$

und bezeichnet mit γ die Steilheit der Gradationslinie. Das „Gamma“ (= Zunahme der Schwärzung als Funktion des log. der Belichtungszunahme) ist also für den mittleren Teil der Gradationskurve konstant, jedoch in seinem Wert außerordentlich abhängig von der Dauer der Entwicklung des Films. Je länger der Film entwickelt wird, um so mehr wächst γ, um so ausgeprägter werden also die Schwärzungsunterschiede infolge der Belichtung. Das bedeutet, daß bei veränderlichem Lichtstrom der Film um so größere Schwärzungsunterschiede oder um so größeren „Schwärzungsumfang“ erhält, je länger er entwickelt wird. Der Gammawert strebt einem Grenzwert zu, jenseits dessen eine Fortdauer der Entwicklung keinen Einfluß mehr hat; er kann sogar durch zu kräftige Entwicklung wieder abnehmen, weil der Entwickler dann auch solche Bromsilberkörner reduziert, die nicht vom Licht beeinflußt worden waren.

Dauer der Entwicklung und Dauer der Belichtung sind voneinander abhängig, sobald das Gamma konstant bleiben, also nur auf dem geradlinigen Teil der Gradationskurve gearbeitet werden soll. Die Größe von γ ist bei gleichem Film, gleichem Entwickler und gleicher Lichtquelle nur von der Entwicklungsdauer abhängig; das Gamma läßt sich deswegen auf einen gewollten, vorher festzulegenden Wert nur durch Zeitbestimmung entwickeln, wobei die Konstanten des Entwicklers und des Films bekannt sein müssen. Wird z. B. (s. Fig. 13) ein Gamma 0,5 gewünscht, so muß der Film 3 Minuten entwickelt werden, während bei dem etwa geforderten Gammawert 2 eine Entwicklungszeit von 13 Minuten notwendig ist. Der Wechsel in der Belichtung, „Lichtumfang“ genannt, ist in letzterem Fall

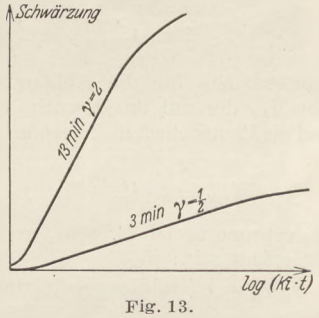


Fig. 13.

kleiner, er darf für beide Fälle einen bestimmten Wert nicht überschreiten, falls die Geradlinigkeit der Gradationskurve, also ein fester Gammawert, nicht verlassen werden soll. Die Gestalt der Gradationskurve ist neben den genannten Faktoren noch abhängig von der Wellenlänge des verwandten Lichtes. Färbt man z. B. die Emulsionsschicht mit einem Farbstoff auf der Oberfläche an, so daß nur Strahlen bestimmter Wellenlänge tiefer in die Schicht eindringen können, so erhält man erhebliche Unterschiede in den Gammawerten, ein Verfahren, von dem bei der Tonfilmherstellung Gebrauch gemacht wird, wie weiter unten gezeigt ist.

Für den verzerrungsfreien Vorgang der Übertragung von der Lichtsteuerung der Kerrzelle auf dem Negativfilm bis zur Lichtsteuerung des Positivfilms auf die Photozelle ist zu fordern, daß die Intensität des auf das Negativ fallenden Lichts proportional ist der Intensität des vom Positiv hindurchgelassenen Lichtes, das auf die Photozelle fällt. Neben den bereits definierten Begriffen Lichtumfang und Schwärzungsumfang, die den Schallamplituden entsprechen, sind noch zwei weitere Definitionen notwendig. Unter „Ruhelicht“ ist die Intensität des vom Filmstreifen absorbierten (und deswegen aktiven) Lichtes verstanden, das bei nicht besprochener Kerrzelle auf den Film fällt, ein Licht-

[1] Da der Film mit konstanter Geschwindigkeit läuft, ist die Belichtungszeit eine Konstante, sie beträgt etwa $4 \cdot 10^{-5}$ Sek. Der von der Kerrzelle gesteuerte Lichtwechselstrom i wird zum Teil durchgelassen, zum anderen Teil $= k \cdot i$ absorbiert, der die Schwärzung hervorruft.

wert, der die „Ruheschwärzung" auf dem Film hervorruft. Fig. 14 soll diese Zustände auf dem Negativfilm veranschaulichen. Da es sich um logarithmische Maße handelt, können die Abstände sowohl auf der Abszisse wie auf der Ordinate der positiven und negativen Scheitelwerte von den Ruhezuständen nicht gleich sein. Es soll jetzt festgestellt werden, wie die Kopie des Positivfilms von seinem Negativ zu erfolgen hat, damit die oben aufgestellte Forderung erfüllt

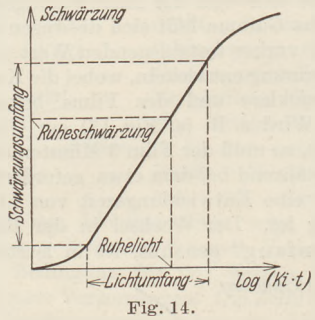


Fig. 14.

ist. GOLDBERG hat für die Abhängigkeit des Lichtstroms I_n, der auf das Negativ fällt, und I_{ph}, der auf die Photozelle fällt, folgende Beziehung abgeleitet:

$$I_{ph} = c \cdot I_n^{\gamma_n \cdot \gamma_p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Soll I_{ph} proportional I_n sein, so muß die Bedingung erfüllt sein:

$$\gamma_n \gamma_p = 1 \text{ (Goldbergbedingung)} \quad . \quad (13)$$

Die Größe der einzelnen γ ist an sich gleichgültig, doch ist ihre Variationsmöglichkeit, wie unten gezeigt wird, nur gering. Die Goldbergbedingung Negativgamma mal Positivgamma gleich Eins muß stets erfüllt sein, wenn eine Helligkeitsskala auf photographischem Wege richtig übertragen werden soll.

Die Wahl geeigneter Emulsionen für den Negativ- und Positivprozeß ist abhängig von den Grenzen, in denen Lichtumfang und Schwärzungsumfang gewählt werden können. Ersterer hängt ab von der Steuerfähigkeit des Steuerorgans, in diesem Falle also der Kerrzelle. Man kann rechnen, daß die Änderung der Helligkeitswerte etwa in den Grenzen 1:10 erfolgt; dieses Intensitätsverhältnis muß auf der Gradationskurve untergebracht werden. Bei einem $\gamma = 1$ müßte dann ein Schwärzungsumfang 1 (entsprechend dem logarithmischen Maßstab) erzielt werden, was bei den verwendeten Emulsionen ohne weiteres möglich ist. Hierbei ist angenommen, daß die Gradationskurven geradlinig verlaufen, γ also einen festen Wert beibehält. Es entsteht nun die Frage, wie die Kopie zu erfolgen hat, die bei dem zur Zeit gebräuchlichen Verfahren gemeinsam mit der Bildkopie auf den gleichen Film erfolgt. Für die Licht-Bildkopie muß auf Grund physiologischer Tatsachen ein Gamma von 1,8 eingehalten werden, während das Bildnegativ auf ein Gamma von 0,8 bis 1 entwickelt wird. Die Goldbergbedingung ist hier also nicht erfüllt, da das Gammaprodukt 1,4 bis 1,6 wird. Für den Bildfilm ist diese Wahl nötig, weil die Kontraste bei der Kopie (also der Schwärzungsumfang) größer sein müssen, damit das Auge zufriedengestellt wird. Für den Ton-Bildfilm würde die Beibehaltung des Bildgamma eine sehr große nichtlineare Verzerrung bedeuten. Es gibt zwei Wege, die zur Überwindung der geschilderten Schwierigkeit führen. Man verwendet entweder einen Spezialkopierfilm, auf dem bei gleicher Entwicklungszeit für Ton und Bild mit zwei verschiedenen Steilheiten kopiert wird. Oder man kopiert mit gleicher Steilheit (also normal gemeinsam) auf dem Positivfilm und benutzt für die Aufnahme einen mit sehr kleinem Gamma arbeitenden Negativfilm. Beide Verfahren haben Anwendung gefunden. Bei der ersten Methode benutzt man die Tatsache, wie vorhin erwähnt, daß gefärbter Film ein anderes Gamma erzielt: man färbt den Kopiefilm auf der Tonseite und läßt die Bildseite farbfrei, wodurch für den Ton ein flacheres Gamma, als erforderlich, entwickelt wird, so daß die Goldbergbedingung erfüllt ist. Zur Durchführung der zweiten Methode ist die Herstellung einer Spezialnegativtonemulsion notwendig, die mit flachem Gamma arbeitet, da bei dem Positiv das gemeinsame Bildtongamma entwickelt werden soll. — Da ein flaches Gamma bei normalem Film einen großen Lichtumfang erfordert (vgl. Fig. 13), so mußte eine sehr empfindliche Emulsion gefunden werden, was auch gelungen ist.

Bild und Ton sowohl gemeinsam aufzunehmen wie zu kopieren, ist bis heute noch nicht erreicht,

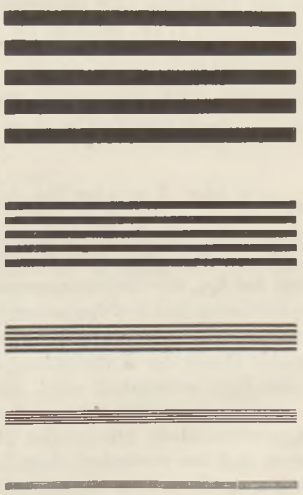


Fig. 15.

falls an die Wiedergabe hohe Ansprüche gestellt werden. Da diese Methode technisch viele Vorteile besitzt, wird ihre Verwirklichung angestrebt.

Es bleibt noch der Hinweis auf eine andere photographische Erscheinung übrig, deren Auftreten wesentlich lineare Verzerrungen hervorruft, die Lichthofbildung. Sie hat ihre Ursache in der seitlich wirksamen Lichtstreuung innerhalb der Schicht (Diffusionslichthof) und in dem von der

Unterlage in die Schicht total reflektierten Licht, das eine Schwärzungszone in bestimmter Entfernung von der eigentlichen photographischen Abbildung hervorruft (Reflexionslichthof). Die Lichthofbildung setzt das sog. „Auflösungsvermögen" der Emulsionsschicht herab, wie Fig. 15 erläutern möge. Je feiner die abgebildeten Linien, je geringer ihre gegenseitigen Abstände sind, um so schwieriger wird es sein, sie noch einzeln zu erkennen, sie „aufzulösen". Aus solchen einzelnen Linien besteht auch auf dem Tonstreifen die Abbildung der Frequenzen, sie sind um so näher aneinander gerückt, je größer die Frequenz ist. Ein Lichthof beeinflußt das Erkennen und die Möglichkeit des Abtastens der Streifen durch den Spalt um so mehr, je geringer ihr Abstand ist. Die höheren Frequenzen werden also zunächst betroffen. Die Lichthofbildung kann durch verschiedene Verfahren, wenn auch nicht ganz beseitigt, so doch auf ein unschädliches Maß herabgedrückt werden. Zur Vermeidung des Reflexionslichthofes gibt man einen Unterguß zwischen Schicht und Träger, zur Vermeidung des Diffusionslichthofes wird die Schicht mit bestimmten Farbstoffen angefärbt, die das seitlich diffuse Licht absorbieren.

Die genauen theoretischen Untersuchungen, wie weit die Nichterfüllung der Goldbergbedingung nichtlineare Verzerrung hervorruft, und wie weit diese zulässig sind, und die theoretischen Betrachtungen über das Auflösungsvermögen sind kompliziert und umfangreich; ihre eingehende Erörterung geht über den Rahmen dieses Berichts hinaus, und es muß deswegen auf die bezüglichen Abschnitte des oben erwähnten Werkes verwiesen werden.

Für das Amplitudenverfahren gelten die bisherigen Folgerungen nur teilweise, da es sich hierbei nur um die Herstellung einer festen Schwärzung handelt. Die Gammabedingung gilt jedoch auch hier.

Mikrophone, Verstärker und Lautsprecher.

Da das physikalische Prinzip dieser Apparate und ihr Verhalten heute allgemein bekannt sind, soll hier nur eine kurze Besprechung folgen. Als Mikrophone für Tonfilmaufnahmen werden folgende Systeme verwandt: das Bändchenmikrophon, das Hochfrequenzkondensatormikrophon, das Niederfrequenzkondensatormikrophon und das Reißmikrophon. Das Bändchenmikrophon besitzt als Wechselspannungserreger ein leichtes Bändchen aus einer 2 μ dicken Aluminiumfolie, die zwischen den Polschuhen eines Ringmagneten ungehindert Schwingungen ausführen kann. In Fig. 16 ist das Bändchen (= 2) zu erkennen. Das Bändchen wird durch die Schallschwingungen bewegt, wodurch Ströme induziert werden, die nach Durchlaufen eines noch im Apparat angebrachten Übertragers auf den Vorverstärker gegeben werden. Hochfrequenz- und Niederfrequenzkondensatormikrophon beruhen auf Kapazitätsänderungen infolge der schwingenden Membran. Beim Hochfrequenzmikrophon werden durch die Kapazitätsänderungen Amplitudenänderungen eines Schwingungskreises hervorgerufen, in dem das Mikrophon als veränderliche (Teil-)Kapazität wirkt. Die Amplitudenänderungen sind unter gewissen Voraussetzungen proportional den Kapazitätsänderungen (Prinzip der halben Resonanzkurve). Die Hochfrequenz-

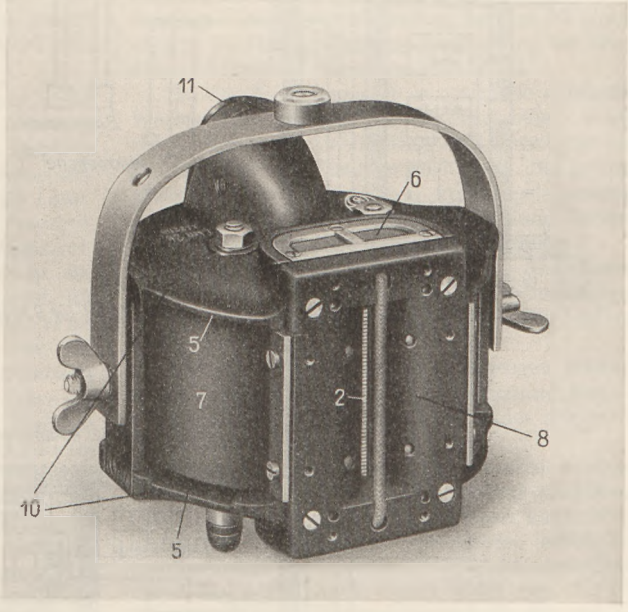


Fig. 16. Bändchenmikrophon.

amplituden müssen dann nach dem bekannten Prinzip der Röhrengleichrichtung in niederfrequente Amplituden umgewandelt werden. Das Niederfrequenzkondensatormikrophon beruht nach dem elektrostatischen Prinzip auf der Spannungsänderung gegeneinander beweglicher Kondensatorfolien, die eine feste Vorspannung besitzen, wobei in dem Stromkreis ein Ohmscher Widerstand liegen muß. Das Reißmikrophon ist, wie bekannt, ein Kohlemikrophon besonderer Ausführung.

Als Verstärkermittel dient ausschließlich die Röhre in ihren verschiedenen bekannten Formen. Zur Anwendung gelangt der Widerstandsverstärker mit Übertragern als Zwischenglieder. Lineare Verzerrungen, die aus den verschiedenen Apparaten stammen, können in den Röhrenverstärkern durch willkürliche Verzerrung der betreffenden Frequenzen, die falsche Amplituden besitzen, „entzerrt" werden.

Als Lautsprecher gelangen die dynamischen Systeme zur Anwendung, die unter den Namen Blatthaller, Riffellautsprecher und Tauchspulenlautsprecher bekannt geworden sind. Zur Erzielung sehr großer Lautstärken kommt der Vorsatz eines Hornes (Trichter) wieder in Anwendung, das von

H. STENZEL eine genaue theoretische Durchrechnung erfahren hat.

Technische Einzelheiten.

Um eine Vorstellung von der außerordentlichen Entwicklungsarbeit zu geben, die zur Herfinden, wenn die Änderung genügend langsam erfolgt, der Differentialquotient der Drehzahl nach der Zeit also genügend klein ist. Schnelle Änderungen jedoch auch in den kleinsten Ausmaßen werden vom Ohr sehr unangenehm empfunden. Ferner muß der Synchronismus zwischen

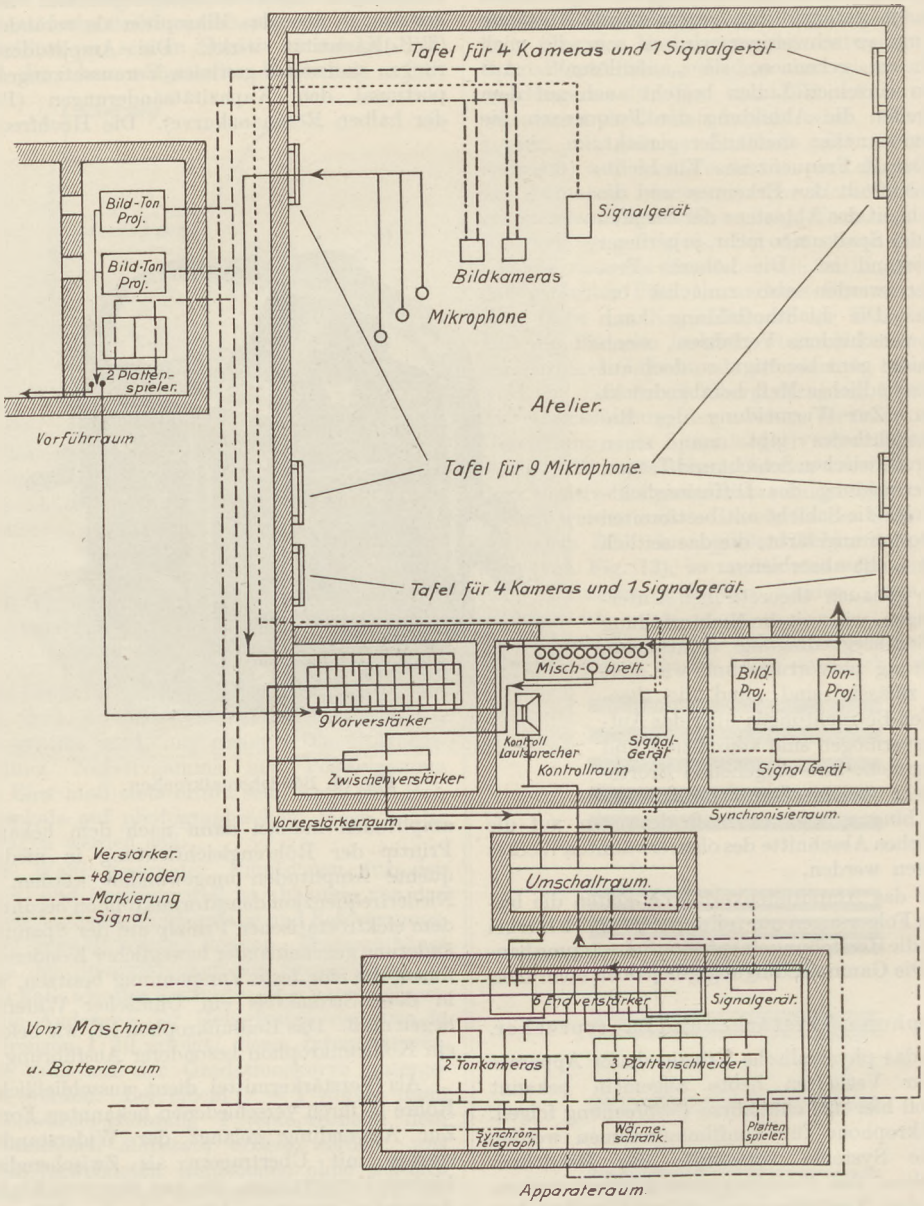


Fig. 17.

stellung technisch brauchbarer Tonfilmapparaturen geleistet werden mußte, seien einige technische Probleme kurz gestreift. Unerläßlich bei der Aufnahme ist die Konstanthaltung und Synchronisierung von Bild- und Tonlauf. Beim Spielen eines guten Sprechapparates z. B. werden nur sehr geübte Hörer Tonschwankungen durch ungleichmäßiges Ablaufen des Uhrwerkes empBild und Ton nach den Erfahrungen, die gesammelt wurden, auf $^1/_8$ Sekunde genau eingehalten werden, was einer maximal zulässigen Abweichung von 3 Bildern entspricht. Da Bild- und Tongerät nur durch elektrische Motoren angetrieben werden können, ergab sich die Aufgabe, beide Motoren genau gleich schnell laufen zu lassen. Sie wurde gelöst durch Benutzung von Wechselstrom-

synchronmotoren, die mit der gleichen Frequenz angetrieben werden. Die Netzfrequenz kam hierzu jedoch nicht in Frage, da ihre Konstanz nicht genügend groß ist. Außerdem paßt die Frequenz von in der Regel 50 Hertz nicht, weil die Frequenz der ablaufenden Bilder 24 Hertz ist, da 24 Bilder in der Sekunde durch das Objektiv laufen. Es wurde deswegen in den Aufnahmelaboratorien ein 48periodisches Netz geschaffen, dessen Spannung durch einen 48 - Periodengenerator geliefert wird, den ein Netzmotor antreibt; die Tourenzahl des Motors wird durch besondere Regler konstant gehalten. Der Wechselstromgenerator (dgl. die Motoren) besitzt 2 Polpaare, so daß er eine Umlaufszahl von 24 Umdr./Sek. haben muß.

Bei den Wiedergabeapparaturen, in denen ja Ton und Bild vereinigt sind und gemeinsam ablaufen, besteht die Schwierigkeit, wie bereits eingangs bemerkt, in der Notwendigkeit absoluter Konstanthaltung der Tonbildführung, während die Lichtbildführung ruckweise erfolgt. Durch unregelmäßigen Lauf des Tonbildes können sich im Lautsprecher Störfrequenzen bemerkbar machen, die nicht nur als Grundfrequenz, sondern auch als Überlagerung mit den Sprechfrequenzen (Formanten) den Klangcharakter ändern. Der Antriebsmotor, der den Bildfilm zieht, transportiert auch den Tonfilm in der Weise, daß die Achse der Transportrolle, die das Abrollen des Tonfilms besorgt, mit einer Schwungmasse (mechanisches Sieb) versehen und durch eine federnde Kupplung mit dem Antriebsmotor verbunden ist. Dabei muß dafür gesorgt werden, daß die Eigenschwingung dieses Systems tief genug liegt, so daß nicht hierdurch wieder Störfrequenzen auftreten. Das Schwungrad mit seiner großen Masse sorgt für den völlig gleichmäßigen Transport des Filmes vor der Tonoptik. Der Film läuft vor und hinter der Tonoptik nicht gespannt, sondern in einer lockeren Schleife, damit sich nicht Erschütterungen des Antriebmechanismus über den Filmstreifen hinüber übertragen können. — Die Abbildung einer vollständigen Aufnahme- und Wiedergabeapparatur verbietet sich leider aus Raumrücksichten.

Die Übertragung vom Mikrophon, das als einziger technischer Tonapparat im Aufnahmeraum steht, zu der Aufnahmeoptik vollzieht sich im einzelnen folgendermaßen. Da die Leistung, deren die Kerrzelle bedarf, etwa 3 bis 5 Watt beträgt, das Mikrophon selbst jedoch nur eine Wechselstromleistung von etwa 10^{-9} Watt erzeugt, muß durch Vor- und Endverstärker die notwendige Leistung hergestellt werden. In den Aufnahmeräumen sind in der Regel mehrere Mikrophone gleichzeitig tätig, die zunächst jedes für sich einen Mikrophonverstärker besitzen. Die Leitungen dieser Verstärker führen zu dem sog. „Mischbrett", in dem der Tonmeister, der zugleich die Szene sieht, die Stärke der einzelnen verstärkten Sprechströme regelt und diese dann gemeinsam auf einen weiteren Verstärker leitet. Die gemeinsame Leistung der Mikrophone, die auf diesen Verstärker gelangt, kann ebenfalls geregelt werden. Es folgt ein weiterer Vorverstärker und darauf endlich der Endverstärker, der die Tonschreibgeräte betreibt (Kerrzelle, Plattenschneider). Ein großes Kabelnetz, dessen elektrische Konstanten genau bekannt sein müssen, sorgt für die Verbindung der einzelnen Stellen untereinander. Kontrollapparate für die Synchronisierung und für die richtige Aussteuerung der Verstärker sind zahlreich vorhanden. Als Leistungsröhre im Endverstärker dient eine Wolframröhre (RV 24 Telefunken), die eine Anodenspannung von 1000 Volt benötigt. Ihre Anodenbelastung beträgt 90 Watt, die zur Verfügung stehende Endleistung bei etwa 5% nichtlinearer Verzerrung 15 Watt.

Bei der Wiedergabe ist es nötig, die schwache Wechselstromleistung, die die Photozelle erzeugt (10^{-10} Watt), auf die Leistung zu bringen, die die Lautsprecher des Theaters benötigen. Bei großen Theatern kommt man auf Ausgangsleistungen von 200 Watt, zu deren Bereitstellung bereits eine Maschinenanlage notwendig wird.

In Fig. 17 ist die schalttechnische Anordnung der Aufnahmemittel einer der Aufnahmeräume, die die „Ufa" in Neubabelsberg bei Berlin besitzt, angegeben.

Auf die außerordentlich schwierigen technischen Anlagen, die zur Entwicklung und Kopierung der Tonfilme dienen, kann leider nur noch hingewiesen werden.

Im vorstehenden Bericht ist versucht worden, eine Übersicht über eine Entwicklung zu geben, die sich in ihrem technischen Aufbau kaum über ein Jahrzehnt erstreckt. Ermöglicht wurde sie nur durch das Vorhandensein der Elektronenröhre, deren Erfindung nach einem Wort von K. W. WAGNER für die Nachrichtentechnik die gleiche Rolle gespielt hat, wie die Erfindung der Dynamomaschine in der Starkstromtechnik. Freilich dauerte die „Erfindung" der Elektronenröhre etwa ein halbes Jahrhundert seit den ersten grundlegenden Versuchen von HITTORF. Physikalische Erkenntnisse erster Ordnung bedürfen eines längeren Zeitraumes als die Entwicklung der daraus folgenden praktischen Anwendungen zu brauchbaren Apparaten. Das gilt auch für den Tonfilm, dessen technischer Fortschritt sich weiterhin sicherlich mit größter Beschleunigung vollziehen dürfte.

Weitere Literatur.

EGGERT, J.: Z. techn. Physik 12, 639 (1931). — ELSTER u. GEITEL: Physik. Z. 11, 257 (1910).
FISCHER, F.: Z. techn. Physik. 1, 2 (1932). — FLEISCHER, R.: Z. techn. Physik 2, 92 (1932). — FRIESER, H.: Z. techn. Physik 12, 661 (1931).
HEHLGANS, F.: Z. techn. Physik 12, 634 (1929); Physik. Z. 20, 803 (1931); 23, 951 (1931); 24, 942 (1929); 24, 971 (1931).
KLUGE, W.: Z. Physik 67, 497 (1931); Z. techn. Physik 12, 649 (1931).
MÖLLER, R.: Physik. Z. 18, 697 (1931).
SCHOTTKY, W.: Z. techn. Physik 11, 458 (1930).
SCHRÖTER, F.: Z. techn. Physik 4, 193 (1931).
SCHRÖTER u. ILBERG: Physik. Z. 22, 801 (1929).
VOGT, H.: Z. d. V.D.I. 70, 199 (1926).

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die neuzeitliche Entwicklung der Schußwaffen. Von C. Cranz und G. von Eberhard (Schriftenreihe „Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte". 3. Jahrg., Heft 3). Berlin 1931, VDI.-Verlag. 52 S. mit 19 Abbildungen und 4 Zahlentafeln. Brosch. RM 1.—.

Das vorliegende Heft behandelt die Entwicklung der Schußwaffe etwa seit der Zeit Friedrichs des Großen. Auf genaue Beschreibung der einzelnen Waffen ist verzichtet, nur die leitenden Gesichtspunkte sind herausgearbeitet, die in den letzten 150 Jahren bei der allmählichen Vervollkommnung der Schußwaffen maßgebend waren. Das Heft, das in sehr anregender Form zeigt, wie lange vor wissenschaftlicher Erkenntnis der Mensch mehr oder weniger intuitiv lernte, physikalische Gesetze für einen besonderen Zweck immer geschickter zu verwenden, ist für den Nichtfachmann geschrieben. Von mathematischen Entwicklungen ist daher meist abgesehen oder nur in sehr elementarer Form Gebrauch gemacht worden. Das Heft wird Schüler stets sehr interessieren, und die Zahlenangaben und manches andere kann den Physikunterricht würzen.

A. Wenzel.

Versuche mit hochfrequenten elektrischen ungedämpften Schwingungen und kurzen elektrischen Wellen. Von Ludwig Bergmann. 87 S. mit 94 Figuren. Preis RM 2.85. Berlin u. Bonn, 1932. Verlag Ferd. Dümmler.

Verfasser gibt in den ersten Kapiteln eine Übersicht über die Schwingtheorie der Röhre, um dann zum Aufbau des von ihm konstruierten Kurzwellengenerators überzugehen, der eine Welle von 2,4 bis 3 m, also eine Frequenz von $1{,}24 \cdot 10^8$ bis $8{,}4 \cdot 10^7$ Hertz erzeugt. In den folgenden Kapiteln, dem Hauptteil des Buches, werden eine große Zahl von Versuchen mit den zugehörigen theoretischen Erläuterungen beschrieben, die mit geschlossenen und offenen Schwingungskreisen und im Strahlfeld von Antennen angestellt werden. Zuletzt folgen noch Versuche mit elektrischen Wellen im Wasser. Als Erregerquelle wird immer der Kurzwellengenerator gebraucht, der übrigens vom Verfasser meines Erachtens häufig nicht ganz korrekt stets mit „Sender" bezeichnet wird.

Es ist im Rahmen einer Besprechung nicht möglich, die große Zahl von grundlegenden Versuchen — der letzte Versuch trägt die Nummer 68 — auch nur aufzuzählen. Ich bin überzeugt, daß es jedem Leser des Buches gehen wird wie mir: es nicht eher aus der Hand zu legen, als bis es zu Ende gelesen ist. Das Thema, das Verfasser behandelt, einmal zusammenhängend darzustellen, lag gewissermaßen in der Luft; die Zeit war erfüllt. Bergmann ist der erste, der die Aufgabe mit Geschick und mit gleich großer Liebe zum Experimentieren wie zur Lehrtätigkeit unternommen hat. Die Versuche sind nicht einmalig laboratoriumsmäßig angestellt, sondern experimentell und konstruktiv so durchentwickelt worden, daß ihre Wiederholung leicht möglich ist, um so mehr, als das Gerät auch im Handel erhältlich ist. Zum Generator noch einige Worte. Er arbeitet, um genügend hohe Leistungen zu erzielen, mit hohen Anodenbetriebsspannungen (1000—1400 V Wechselspannung). Ihre Anwendung wird notwendig, weil der Wirkungsgrad der Röhre bekanntlich bei sehr hohen Frequenzen aus mancherlei Gründen sehr schlecht wird; ich nenne nur die bei sehr schnellen Schwingungen eintretende Phasenverschiebung zwischen Gitterspannung und Anodenstrom und die Unmöglichkeit, die Röhre noch auf den Schwingungskreis „anzupassen". In Schülerübungen wird das Gerät nur unter strenger Aufsicht des Lehrers verwendet werden können; beim Vortrag vor der Klasse jedoch wird die Apparatur vorzügliche Dienste leisten und ein ausgezeichnetes Unterrichtsmittel sein. Für diese Bereicherung der Lehrmittelsammlung muß L. Bergmann herzlich gedankt werden.

F. Moeller.

Elementare Einführung in die physikalische Statistik, insbesondere in die Theorie des metallischen Zustandes. Von Karl K. Darrow. Aus dem Englischen übersetzt und ergänzt von Dr. Eugen Rabinowitsch, Göttingen. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. M. Born. 118 S. mit 5 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1931. Kart. RM 6.—.

Darrow, der uns schon in der Übersetzung von Rabinowitsch eine sehr geschickte Einführung in die Wellenmechanik bescherte, bringt hier in der Übersetzung und Ergänzung von Rabinowitsch eine sehr gelungene Einführung in die physikalische Statistik, ohne einen großen mathematischen Apparat in Bewegung zu setzen. Während früher die Statistik fast nur für die theoretischen Untersuchungen auf dem Gebiete der kinetischen Gastheorie von Bedeutung war, spielt sie heute in der gesamten theoretischen Physik eine große Rolle. Die neuesten Erfolge der statistischen Methode sind durch eine kritische Revision der Grundlagen der sog. „klassischen" Statistik ermöglicht worden, wie sie Bose, Einstein, Fermi und Dirac vorgenommen haben. Diese Grundlagen der Statistik bilden denn auch den ersten Teil des vorliegenden Buches. Da die Anwendungsgebiete dieser statistischen Methoden zu mannigfaltig sind, um sie vollständig in einem kleineren Buch bringen zu können, hat der Verfasser nur ein Gebiet als Anwendung herangezogen, die Elektronentheorie des metallischen Zustandes, die im Brennpunkt der neueren Entwicklung steht. Zunächst wird die Anwendung der Fermistatistik auf die Elektronen in Metallen behandelt. Daran schließen sich die spezifische Wärme, sowie die charakteristischen Eigenschaften der Elektronenverteilung in Metallen. Zur Bestätigung der Folgerungen der Theorie wird als erster in der Reihe der Versuche die Glühelektrizität herangezogen. Hierbei ergeben sich interessante Verknüpfungen mit den Ergebnissen der Elektronenbeugung an Kristallen für schnelle

Elektronen. Auch die kalte Entladung wird herangezogen und der photoelektrische Effekt gestreift. Eingehender wird der Paramagnetismus des Elektronengases erörtert, dessen Theorie zu Suszeptibilitätskoeffizienten der Alkalimetalle führt, die dem Verfasser zu gut mit den Messungsergebnissen übereinzustimmen scheinen. Dann wird die Theorie der elektrischen Leitfähigkeit entwickelt, wie sie Houston und Bloch gegeben haben. Diese führt zu der Betrachtung des Temperaturabfalls in einem homogenen Metall und der Wärmeleitfähigkeit. Der Ausdruck, der sich so für das Wiedemann-Franzsche Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit zu der elektrischen Leitfähigkeit ergibt, stimmt mit den Versuchsergebnissen für eine ganze Reihe von Metallen gut überein. Zum Schluß werden noch die inneren Potentialdifferenzen und die thermoelektrischen Erscheinungen erörtert. Da der Übersetzer mit Geschick verstanden hat, mathematische Schwierigkeiten durch erläuternden Text zu beheben, die ganze Darstellung in dieser Übersetzung sehr verständlich und gut lesbar ist, kann nur jedem, der der Entwicklung unserer modernen Physik folgen will, empfohlen werden, diese Schrift zu studieren, zumal bis jetzt in deutscher Sprache keine so gute und in jeder Beziehung wohlfeile Darstellung dieses Gebiets vorhanden war. *A. Wenzel.*

Röntgenstrahlen und Struktur der Materie. Von H. Kulenkampff. (Schriftenreihe „Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte", 3. Jahrgang, Heft 2.) 48 S. mit 32 Abbildungen. Berlin 1931. VDI.-Verlag. Brosch. RM 1.—.

Das Heft behandelt die Natur der Röntgenstrahlen, Materialdurchleuchtung, Interferenz der Röntgenstrahlen, Struktur von kristallinen Stoffen, Bau und Anordnung von Molekülen, sowie die Röntgenspektren und chemische Analyse. Die Darstellung ist leicht verständlich auch für Nichtfachleute und gibt einen guten Einblick in die Untersuchungsmethoden und die Probleme, die sich mit dem Feinbau der Materie befassen. Gute und klare Abbildungen erläutern den Textinhalt trefflich. Die kleine Schrift kann Schülern ohne Bedenken als Privatlesestoff in die Hand gegeben und in die Schülerbibliothek eingeordnet werden. *A. Wenzel.*

Epochen der Naturforschung, Leonardo, Kepler, Faraday. Von Hans Schimank. Hergestellt als zweiter Band der zweiten Wissenschaftlichen Jahresreihe (W) für die Mitglieder des Volksverbandes der Bücherfreunde. Berlin 1930, Wegweiser-Verlag, G. m. b. H.

Der Verfasser würdigt im ersten Teil seines Buches die Leistungen der scholastischen Zeit. Er weist nach, daß die allgemein herrschende Auffassung, die Zeit der Scholastik sei eine Zeit völliger Stagnation der Naturwissenschaften gewesen, nicht zutreffend ist. Das völlig abweichende Verfahren des wissenschaftlichen Betriebes läßt uns die scholastische Wissenschaft nur so fremdartig erscheinen. Sie vertritt Gesamtheitsanschauungen, läßt neben den Tatsachen die Autoritäten gelten und sammelt deshalb ebenso eifrig wie Erfahrungen Belegstellen. Doch ist der Übergang des scholastischen Verfahrens in das moderne ein durchaus fließender. Diese Auffassung sucht der Verfasser zu begründen, indem er die Leistungen einiger hervorragender Vertreter der Hochscholastik würdigt. Besonders ausführlich geht er auf die Persönlichkeit und die Arbeiten Leonardos da Vinci ein. Im Hinblick auf die ungeheuer vielseitige Tätigkeit Leonardos neigt man vielfach dazu, ihn als ein Universalgenie zu bezeichnen. Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß Leonardo in erster Linie Künstler ist, der als solcher zu sehen versteht, und in zweiter Linie der erste moderne Ingenieur, der sich nicht mit einer einfachen Übernahme handwerklicher Regeln begnügt, sondern die Gründe für die überkommenen Vorschriften zu erkennen und die Ergebnisse von Versuch und Rechnung für die technische Praxis nutzbar zu machen sucht. Man könne ihn nur als einen genialen Eklektiker bezeichnen.

Der zweite Teil des Buches bringt eine Darstellung der Umwandlung des astronomischen Weltbildes, in deren Mittelpunkt die Person Keplers steht. Dabei werden zunächst die Stufen der gedanklichen Entwicklung aufgezeigt, die von der Scholastik bis zu Kepler emporführen und durch die Namen eines Albert von Helmstedt, Nikolaus von Cusa und Nikolaus Koppernikus bezeichnet sind. Wer das Lehrgebäude des Koppernikus, das zur Erklärung aller damals bekannten Himmelserscheinungen noch 34 verschiedene Haupt- und Beikreise benötigt und noch stark mit scholastischen Vorstellungen belastet ist, auf die heute uns geläufige Schlichtheit bringen und so vollenden wollte, mußte es als Astronom und Physiker tun. Kepler leistete diese Aufgabe. Und nun folgt im zweiten Teile des Schimankschen Buches eine Synthese der Gesamtpersönlichkeit Keplers, die jeden Naturwissenschaftler im höchsten Maße fesseln dürfte. Nach einer Hervorhebung der Arbeiten Otto von Guerickes, den er als einen Vorläufer Newtons bezeichnet, widmet der Verfasser den dritten Teil seines Buches einer ausführlichen Würdigung der Leistungen Faradays und Robert Mayers.

Von allem, was das 320 Seiten umfassende Buch H. Schimanks bringt, dürften die Teile, die über Leonardo da Vinci und über Kepler handeln, die wertvollsten sein. Wer sich über diese Persönlichkeiten und ihre Leistungen orientieren will, wird in Zukunft gut tun, zu diesem Buche zu greifen. Es sei deshalb wärmstens empfohlen. *Steindel.*

Herrscher im Reiche der Technik, acht Lebens- und Charakterbilder für junge Menschen dargestellt von Hermann von Müller. Berlin-Leipzig 1930, Verlag B. G. Teubner. Preis geb. RM 5.—.

Das 117 Seiten umfassende Buch, das aus einer Vortragsreihe am Münchener Rundfunk hervorgegangen ist, bringt recht ansprechende Lebens-

bilder folgender führender Männer der Technik: Alfred Krupp, Werner von Siemens, Alfred Nobel, Graf Zeppelin, Emil Rathenau, Ernst Abbe, Edison und Henry Ford. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen nicht ihre Erfindungen und technischen Leistungen, die im Gegenteil nur kurz in leichtverständlicher Weise gekennzeichnet sind, sondern vielmehr ihre ganze Persönlichkeit. Es handelt sich nicht um Männer, denen ein glückliches Geschick Erfolg und Anerkennung mühelos in den Schoß warf, sondern um Männer der Tat, die um ihren Erfolg kämpfen und arbeiten mußten. Gerade die Auswahl dieser Persönlichkeiten gibt dem Buch, das für die heranwachsende Jugend bestimmt ist, einen besonderen erzieherischen Wert. Bei dem Interesse für technische Dinge, das gerade in der heutigen Zeit bei der heranwachsenden Jugend sehr rege ist, muß das Buch, das übrigens mit einer größeren Zahl sehr netter und charakteristischer Bilder ausgestattet ist, zur Anschaffung für Schülerbüchereien oder als Geschenk ganz besonders warm empfohlen werden. *Steindel.*

Vom deutschen Anteil an der physikalischen Forschung. 1. Heft: Begründer und Führer der klassischen Physik. Von Dr. Otto Dorner und Dr. J. Hamacher mit 19 Figuren und 8 Bildnissen im Text. Leipzig-Berlin 1930, Verlag B. G. Teubner. Preis: kartoniert RM 2.40.

Das Thema, das sich die Verfasser gestellt haben, wird ganz gewiß allgemeine Zustimmung finden. Wie die Verfasser im Vorwort selbst angeben, „mußte eine rein biographische Bearbeitung gegen die kulturhistorischen Gesichtspunkte zurücktreten"; nur von einigen überragenden Männern, wie etwa Helmholtz, wird ein Lebensbild entworfen. Die Verfasser verfolgen also das Ziel, die wissenschaftlichen Leistungen der zu behandelnden Männer darzustellen und sie in die Entwickelung der physikalischen Forschung einzuordnen. Da nun die Leistungen folgender Männer behandelt werden: Kepler, Guericke, Robert Mayer, Fraunhofer, Abbe, Helmholtz, Hertz, Hittorf, Goldstein, Lenard, Röntgen und Laue, und dies in einer Broschüre von nur 68 Seiten geschieht, so ergibt sich von selbst, daß die Behandlung sich im wesentlichen nur auf Andeutungen beschränken kann. Wenn die Verfasser nun im Vorwort die Meinung äußern, die Abhandlungen könnten auch im Unterricht der höheren Schulen als Schul- oder Hauslektüre Verwendung finden, und zwar im Deutschunterricht, wenn Beziehungen zu den naturwissenschaftlichen Fächern gesucht werden, im Unterricht der Naturwissenschaften, wenn dem Schüler durch ihren Inhalt die kulturelle Verbundenheit alles geistigen Schaffens vor Augen geführt werden soll, so möchte ich doch Bedenken äußern, ob die Lektüre einer solchen summarischen Darstellung unseren Schülern frommt, die dabei doch leicht verleitet werden könnten, über Dinge zu reden, von denen sie im Grunde genommen nichts verstehen. Für solche Vorträge müßte man wohl den Schülern etwas ausführlicher gehaltene Bücher in die Hand geben, wie sie ja in dieser Zeitschrift mehrfach schon angekündigt und besprochen worden sind. Das vorliegende Bändchen, dem noch ein zweites folgen soll, dürfte nur in der Hand des Lehrers von Nutzen werden, indem er dadurch angeregt wird, eingehendere Darstellungen zu studieren. Einige Inkorrektheiten, auf die man hier und da stößt, lassen sich bei einer neuen Auflage vermeiden. *Steindel.*

Forschung tut not! Herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure. 32 S. V.D.I.-Verlag Berlin 1930.

Die kleine Schrift ist eine Zusammenstellung von Auszügen und Reden berühmter Ingenieure, Forscher, Abgeordneter und Wirtschaftsführer zur Begründung der Überzeugung, daß einer der aussichtsreichsten Wege, der schweren Wirtschaftsnot unserer Tage durch produktive Arbeit zu steuern, noch nicht annähernd in ausreichendem Maße beschritten wird, nämlich durch verstärkte Forschung neue Arbeitsgebiete zu gewinnen. Diese Ansicht in weiteste Kreise zu verbreiten, ist Zweck der kleinen Schrift, damit in Zukunft der Forschung die nötigsten Mittel nicht genommen werden. *A. Wenzel.*

Goethe als Physiker. Ein Weg zum unbekannten Goethe. Von Martin Gebhardt. Berlin 1932. G. Grote. Groß-Oktav, VIII und 163 Seiten. Mit 3 Farbtafeln, 4 einfarbigen Tafeln und 16 Textfiguren. Kartoniert RM 5.20, in Leinen RM 5.80.

Nach dem Vorwort zu urteilen, ist der Zweck des vorliegenden Buches, den „Physiker Goethe" zu würdigen, „der uns auch als solcher, manches vorausahnend, noch heute viel zu sagen hat" (S. V). Dieses Ziel wird nicht erreicht und kann gar nicht erreicht werden, denn Gebhardt gesteht selber im Hinblick auf die Farbenlehre: „Man erkennt, wenn man sich mühsam durch das Vorhergehende hindurchgearbeitet hat, daß Voreingenommenheit und Willkür Schlußfolgerungen gezogen haben, die schlechterdings unverständlich sind und mit exakter Naturforschung nichts zu tun haben" (S. 52). Nach einer Übersicht über alle physikalischen Anläufe, die Goethe jemals unternahm, gibt der Verfasser zu, daß die echten Physiker „mit größerem Rechte den Dilettanten von der Dichterfakultät abgelehnt haben. Wo käme die exakte Wissenschaft hin, wenn sie Gefühle, Intuition, Aperçu, Phantasie ausschlaggebend sein lassen wollte?" (S. 137). So hat denn Gebhardt mit seinen eigenen Worten den Titel seines Buches und den ständig wiederkehrenden Ausdruck „der Physiker Goethe" widerlegt. Wahrscheinlich hat die „beglückende Aufgabe", Goethes „physiologische Optik" zu schildern, „die heute noch und für alle Zukunft unvergänglichen Wert" (S. 61) hat, den künstlerisch veranlagten und künstlerisch eingestellten Verfasser so mitgerissen, daß er sich trotz seines ehrlichen Eintretens für Newton gegen Goethe im Titel vergriff. Das ist sehr zu bedauern, weil viele naturwissenschaftliche Laien bei flüchtigem

Lesen die einprägsame Formel „der Physiker Goethe“ für bare Münze nehmen und im Umlauf halten werden.

Zum Schluß noch zwei Kleinigkeiten: der Erfinder der achromatischen Fernrohre war nicht John Dollond, sondern Chester Moor Hall; im Text und im Register steht irrtümlich Götting statt Göttling.

R. Winderlich, Oldenburg i. O.

Handbuch der wissenschaftlichen und angewandten Photographie. Herausgegeben von Alfred Hay. Band 2: **Die photographische Kamera und ihr Zubehör.** Bearbeitet von Karl Pritschow. IX, 590 Seiten mit 437 Abbildungen. Wien 1931. Julius Springer. Geh. RM. 66.—, geb. RM 69.—.

Das vorliegende Handbuch hat sich die Aufgabe gestellt, über den heutigen Stand der wissenschaftlichen und angewandten Photographie zu unterrichten. Es wendet sich „nicht nur an die Forscher auf dem Gebiete der Photographie als Wissenschaft, sondern an alle, die sich derselben als Hilfsmittel oder Hilfswissenschaft bedienen“ (Vorwort). Der vorliegende umfang- und inhaltreiche Band gibt einen vollständigen Überblick über die Kameratechnik und über all das viele Zubehör, das der heutige Photograph gebraucht. Nach einer kurzen historischen Einleitung werden zunächst die optischen Grundlagen insofern behandelt, als sie die Lochkamera, das optische System der Kamera und die Objektivverschiebung parallel zur optischen Achse betreffen. Dem Objektiv selbst ist ein eigener Band des Handbuchs gewidmet. Dann folgt auf etwa 250 Seiten eine eingehende Darstellung aller Kameratypen mit ihren technischen Einzelheiten. Erwähnt sei, daß auch die moderne Kleinbildkamera, sowie andere Spezialapparate darin recht ausführlich geschildert sind. Daran schließen sich von den Zubehörteilen der Kamera als erste die Kassetten, dann kurz charakterisiert nach ihren Eigenarten die Objektive und die Lichtfilter, denen ja in der heutigen Photographie eine besondere Bedeutung zukommt. Nun folgen all die kleinen Einrichtungen, die zur Einstellung des Bildes nötig sind, wie Einstellskala, die Entfernungsmesser und die Sucher. Bei dieser Gelegenheit wird auch die Abbildungstiefe erörtert. Eine besondere Rolle spielen die Belichtungsmesser, die nach Art und Leistung recht eingehend dargestellt werden. Schließlich werden noch die Stative und Zubehörteile einer ausführlichen Behandlung unterzogen. Ein großer Abschnitt ist den photographischen Momentverschlüssen gewidmet, den Objektivverschlüssen, Schlitzverschlüssen vor der Platte, sowie den Methoden zur Messung der Geschwindigkeit von Verschlüssen, die recht zahlreich sind. Im sechsten Abschnitt finden wir die Vergrößerungsapparate in den mannigfachsten Konstruktionen nach Grundlagen, Aufbau und verwendeten Lichtquellen. Den Schluß des ganzen Bandes bildet die Herstellung der Kamera, die sich vor unserem geistigen Auge in sehr lebendiger Schilderung entrollt. Ein recht ausführliches Sach- und Namenverzeichnis unterstützt den Benutzer des Handbuchs beim Aufsuchen von Spezialitäten. Soviel vom Inhalt dieses starken Bandes. Die Darstellung ist recht klar und leicht verständlich. Zuweilen sind leider Patentschriften zitiert, die den meisten Lesern schlecht zugänglich sind. Wenn die Jahreszahlen der Konstruktion bei manchen Apparaten fehlen, so ist das doch bedauerlich, zumal nicht immer der Fortschritt in den Konstruktionen angegeben ist. Und doch ist trotz dieser Kleinigkeiten dieser Band des ausgezeichneten Handbuchs für den Lehrer der Physik und Chemie sehr wertvoll. Denn er kann nicht nur die vielen Fragen seiner Schüler sachgemäß richtig beantworten, sondern auch seinen Gesichtskreis auf diesem Gebiete wenigstens theoretisch erweitern. Für den Leiter von photographischen Arbeitsgemeinschaften ist der Band von größtem Interesse, aber auch den reinen Physiker geht er an. Er findet z. B. in den Kapiteln über „Messen der Geschwindigkeit von Verschlüssen“, sowie manchen anderen viele praktische Anregungen. Wo der Haushalt es erlaubt, sollte man diesen Band des Handbuchs, der völlig in sich abgeschlossen ist, der Fachbücherei einverleiben. *A. Wenzel.*

Handbuch der wissenschaftlichen und angewandten Photographie. Herausgegeben von Alfred Hay. Bd. 3: **Photochemie und photographische Chemikalienkunde.** Bearbeitet von A. Coehn, G. Jung, J. Daimer. VII, 296 Seiten mit 68 Abb. Wien 1929. Julius Springer. Geh. RM 28.—; geb. RM 30.80.

Eingeleitet wird dieser 3. Bd. des ausgezeichneten Handbuchs von einem Abschnitt über Photochemie aus der Feder von A. Coehn (Göttingen) und G. Jung (Greifswald; S. 1 bis 179). Zunächst werden die Grundgesetze und Arbeitsmethoden der Photochemie auseinandergesetzt. Die letzteren sind ganz besonders ausführlich gestaltet und recht anregend geschrieben. Was die elektromagnetische Lichttheorie von den chemischen Wirkungen des Lichts auszusagen vermag, besonders in Bezug auf die Wirkung stehender Wellen, wird im 2. Kapitel erörtert. Mehr vermag schon die Quantentheorie in der Photochemie zu leisten; das Äquivalentgesetz wird mit seinen Folgerungen und den der experimentellen Prüfung dienenden Methoden eingehend dargestellt und dabei auch auf sensibilisierte Reaktionen eingegangen. Besondere Behandlung finden sodann die Sekundärreaktionen. Ihnen folgt die große Zahl von Lichtreaktionen, von denen die wichtigsten hier angeführt werden. Den Beschluß dieses ersten Abschnitts bilden die Leuchtreaktionen, d. h. die Chemilumineszenzen in der belebten und unbelebten Natur, das Leuchten bei der Bildung der Alkalihalogenide aus den Elementen, bei der Oxydation von Silicon, beim Zerfall von Chloracid, sowie die Chemilumineszenzen mit aktivem Wasserstoff. — Den zweiten Teil des Bandes bildet unter dem Titel „photographische Chemikalienkunde“ (von J. Daimer)

eine alphabetische Gruppierung der wichtigsten in der photographischen Praxis verwendeten Chemikalien. Er unterscheidet sich von anderen lexikalischen Zusammenstellungen dieser Art vorteilhaft dadurch, daß neben den Eigenschaften, Erkennungs- und Prüfungsmethoden auch für jeden Stoff die Verwendungsart und die Verwendungsmöglichkeiten angegeben sind. Ein gutes Namen- und Sachregister ist auch diesem Bande beigegeben, das man bei einem Handbuch wie dem vorliegenden auch dringend braucht. Die Literatur ist im 2. Teil bis 1929 berücksichtigt, während sie im ersten Teil nur bis 1927 berücksichtigt ist. Dieser inhaltsreiche Band gibt einmal eine recht gute Darstellung der Photochemie mit allen einschlägigen Fragen, dann ist er aber in seinem 2. Teil reines Nachschlagewerk, das schnell über die einschlägigen Tatsachen vollständig orientiert. Der Photograph wird gerade diesen zweiten Teil hochschätzen, während dem Chemiker und auch dem Physiker der erste mehr bietet. Der Chemieunterricht vermag manche interessante Anregung zu seiner Belebung daraus zu entnehmen. *A. Wenzel.*

Handbuch der wissenschaftlichen und angewandten Photographie. Herausgegeben von Alfred Hay. Band IV: Erzeugung und Prüfung lichtempfindlicher Schichten. Lichtquellen. Bearbeitet von M. Andresen, F. Formstecher, W. Heyne, R. Jahr, H. Lux und A. Trumm. VII, 344 Seiten mit 126 Abb. Wien 1930. Verlag Julius Springer. Geh. RM. 36.—; geb. RM. 39.—.

In diesem umfangreichen Bande werden zuerst die „künstlichen Lichtquellen in der Photographie" von H. Lux behandelt. Daß darin die physikalischen Grundlagen der Temperatur- und der Lumineszenzstrahlung nur kurz wiedergegeben werden, liegt im Zweck des Handbuches begründet, das allen denen dienen soll, die mit der Photographie zu tun haben. Ausführlich werden die Aktivität der Lichtquellen und die Methoden zu ihrer Bestimmung gewürdigt und schließlich auf die Verwendung der künstlichen Lichtquellen in der Praxis eingegangen. Hierbei spielt bekanntlich das Magnesium als künstliche Lichtquelle eine besondere Rolle; es wird daher von M. Andresen gesondert behandelt. Nachdem Vorkommen und Darstellung des Magnesiums kurz erwähnt worden sind, was wohl auch ganz fehlen könnte, folgt eine Gegenüberstellung des Magnesiumlichtes mit dem elektrischen Licht. Daraus werden die Verwendungsarten des Magnesiums entwickelt, wobei auf die Oxydationsmittel für Blitzlicht- und Zeitlichtgemische eingegangen und auf ihre Einteilung und Bewertung hingewiesen wird. Vielerlei Behelfe und praktische Anordnungen zur Ausübung der Blitzlichtphotographie sind entwickelt worden; sie werden hier angeführt und somit alles zur Aufnahme selbst Notwendige erörtert. Besonderes Interesse erfordern die schnellsten Momentaufnahmen mit synchroner Auslösung von Blitz und Verschluß. Daß dies Magnesiumblitzlicht auch bei den Aufnahmen in natürlichen Farben auf Farbrasterplatten mit großem Erfolg verwendet werden kann, zeigt der letzte Abschnitt dieses Teiles. Die größten Schwierigkeiten bietet auch heute noch die „Sensitometrie", die hier von F. Formstecher ausführlich behandelt ist. Dabei hat er Apparatur, Praxis und Theorie voneinander getrennt. Dieser Teil des Handbuches wird sicher in den Kreisen der Schulphysiker und -chemiker das größte Interesse finden; ist es doch gerade das Gebiet, das noch am wenigsten allgemein bekannt geworden ist. Zunächst werden die brauchbaren Lichtquellen herausgesucht, dann die Sensitographen einschließlich der Spektrosensitographen behandelt und ihre Arbeitsweise durch viele Abbildungen veranschaulicht und schließlich die Densitometer eingehend erörtert. In der sensitometrischen Praxis spielt zunächst die richtige Aufnahme des Sensitogramms eine wesentliche Rolle. Ebenso stark beeinflussen aber auch der Entwicklungs- und der Auskopierprozeß das Ergebnis, das schließlich nach verschiedenen Verfahren ausgewertet werden kann. Theoretisch ist das Schwärzungsgesetz für weißes Licht, die spektrale Kurve sowie die Theorie und Praxis der richtigen Tonwiedergabe von Bedeutung. Den ganzen Schluß des Bandes (S. 214 bis Ende) nehmen dann die Abschnitte ein, die den Fabrikationsmethoden gewidmet sind, und zwar behandelt R. Jahr die Herstellung photographischer Trockenplatten, W. Heyne die Filmfabrikation und schließlich A. Trumm die Herstellung photographischer Papiere in allen Variationen. Ein ausführliches Namen- und Sachverzeichnis am Schluß des Bandes erleichtert das Nachschlagen von Einzelheiten. — Auch dieser Band 4 des großen Handbuches kann nur dringend zur Beschaffung für die Bibliothek der Chemie oder Physik empfohlen werden. Jedem Physik- oder Chemielehrer wird er sehr nützlich sein; besonders aber denen, die eine photographische Arbeitsgemeinschaft leiten, wird er unentbehrlich sein. *A. Wenzel.*

Handbuch der wissenschaftlichen und angewandten Photographie. Herausgegeben von Alfred Hay. Bd. 8: **Farbenphotographie,** bearbeitet von L. Grebe, A. Hübl und E. J. Wall. X, 248 Seiten mit 131 Abbildungen und 8 Tafeln. Wien 1929. Julius Springer. Geh. RM 24.—; geb. RM 26.80.

Dieser Band, der drei den Physiker gleichermaßen interessierende Gebiete umfaßt, gehört in jede physikalische Handbücherei. Denn er enthält soviel praktische Anleitungen, als sei er direkt für den Unterricht geschrieben. Den ersten Abschnitt über die photographische Licht- und Farbenlehre hat A. Hübl auf Grund reicher Erfahrungen verfaßt. Er behandelt zunächst das Licht objektiv und die Empfindung des Lichts und erörtert dann eingehend alles, was zur „Farbe" gehört, zunächst das Spektrum und seine Farben, dann die Körperfarben und Farbengeometrie. Der Definition und den Messungsverfahren der Farben ist ein besonderes

Kapitel gewidmet, wobei sowohl die Ostwaldsche Methode, sowie auch die analytischen und synthetischen Verfahren berücksichtigt sind, die sich der Grundfarben bedienen. Daran schließt sich die Darlegung der Helligkeit der Körperfarben und ihrer Messung. Die Bedeutung des Tageslichts oder künstlicher Beleuchtung für die Farbwirkung, sowie die Bedeutung der ultravioletten und ultraroten Strahlen (Ultrarotphotographie) wird erörtert, und schließlich werden die Lichtfilter und ihre verschiedene Wirkung behandelt. Den zweiten Abschnitt des Buches bildet L. Grebes Spektrumphotographie. Meisterlich behandelt werden hier alle Arten von Spektrographen, sowie ihre Eigenarten und Verwendung. Da finden wir den Prismenspektrographen mit all seinen Vorzügen und Fehlern, den Gitterspektrographen mit seinem hohen Auflösungsvermögen, die Interferenzspektrographie, die Vakuumspektrographen und die Röntgenspektrographen. Das Schlußkapitel dieses Abschnitts ist der Ausmessung der photographischen Spektren gewidmet. Viele Abbildungen und 8 Tafeln gut ausgewählter Spektrogramme erläutern die in jeder Beziehung interessanten Ausführungen. Den Schlußabschnitt dieses Bandes nimmt mit etwa 100 Seiten die Praxis der Farbenphotographie (von E. J. Wall †, Wollaston, Mass U.S.A.) ein. Nach einer historischen Einleitung wird zunächst die Dreifarbenphotographie mit 3 Platten oder 3 Schichten behandelt. Zubehör, Negativ- und Positivprozesse werden eingehend dargelegt und auch gezeigt, wie man auf diesem Wege Diapositive in natürlichen Farben gewinnen kann. Dann folgen die Zweifarbenverfahren, die allerdings die Farben nicht restlos wiedergeben können, und das viel bessere Verfahren, das sich der bekannten Rasterplatten der Agfa oder von Lumière bedient. Es wird auch klargelegt, wie man von solchen Farbrasteraufnahmen Abzüge herstellen kann, auch deren Mängel, sowie die Methoden zu ihrer Einschränkung werden eingehend erörtert; auch auf die Herstellung von stereoskopischen Farbrasteraufnahmen wird eingegangen. Dann folgen noch einige Spezialverfahren, zunächst solche, die sich der prismatischen Dispersion oder Linsenplatten oder dergleichen bedienen. Das Seebeckssche Verfahren in vielerlei Abwandlungen wird beschrieben und das gerade dem Physiker so interessante Lippmannsche Verfahren der stehenden Lichtwellen erörtert. Den Schluß bilden die Ausbleichverfahren, sowie reichhaltige Literaturangaben, die überhaupt in diesem 3. Abschnitt ganz besonders zahlreich sind. Ein ausführliches Namen- und Sachregister ist auch diesem Bande beigegeben. Was diesen Band jedem Photographen und Lehrer der Physik und Chemie so sehr wertvoll macht, das sind die zahllosen praktischen Angaben, die so recht erkennen lassen, hier haben Praktiker auf Grund reicher Erfahrungen geschrieben, was für die Praxis wissenswert ist. Daneben wird aber der Lehrer noch angenehm berührt von der historisch entwickelnden Art der Darstellung, die mit jedem Teilgebiet zugleich auch alles geschichtlich Interessante über den behandelten Gegenstand bringt. Jeder, der für die Photographie irgendwie Interesse hat, sollte diesen Band durchstudieren. Selbst der Erfahrendste findet darin noch zahlreiche Anregungen; die praktischen Angaben sind stets so ausführlich und klar gehalten, daß man jedes Verfahren, soweit die nötigen Hilfsmittel vorhanden sind, selbständig durchführen kann. Und welcher Lehrer möchte nicht seinen Schülern eine Spektrumphotographie oder eine Farbenphotographie einmal in der Praxis selbst vorführen! Hinzugefügt sei hier gleich, daß beides nicht so schwierig ist, wie es oft den Anschein hat.

A. Wenzel.

Lehrgang der Chemie. Von Dr. Franz Küspert. 1. Teil: Anorganische Chemie. 2. Heft. Lehrstoff der 8. Klasse. 122 S. mit 24 Abb. Bamberg 1930. C. C. Buchners Verlag. Preis geh. RM. 2,40.

Das vorliegende 2. Heft des Lehrgangs der Chemie des verstorbenen Dr. Küspert ist nach seinem Nachlaß von Dr. H. Dittmer und Dr. E. Rosenhauer als Fortsetzung des 1. Heftes, das 1929 erschien (siehe diese Zeitschrift 1930, 188) bearbeitet worden. Während der erste Teil des ersten Heftes methodischen Aufbau zeigte, ging es zum Schluß zu systematischer Anordnung über, die nun auch im 2. Heft im großen ganzen beibehalten wurde. Es wird zunächst mit der Besprechung der Metalle fortgefahren, und es werden die Grundlagen der Photographie und der Thermochemie behandelt. Dabei finden wir keine Versuche, wohl aber eine große Zahl von Verbindungen aufgezählt, so daß das ganze Heft entgegen dem Sinne des modernen Arbeitsunterrichts eher zum Auswendiglernen als zu selbständigem Erarbeiten anhält. Jedenfalls fällt dieser Teil gegen den ersten des vorhergehenden Heftes stark ab.

Die folgenden Kapitel über den Bau und die Natur der chemischen Verbindungen, das periodische System, die radioaktiven Stoffe, Atomzerfall und Atombau sind dagegen wieder recht gut und bringen in klarer, verständlicher Form das, was ein Schüler der Oberstufe der Realanstalten von diesen Dingen wissen muß. Dagegen erscheint mir die „Chemie des Erdkörpers" unverhältnismäßig breit behandelt zu sein.

Das letzte Kapitel: „Ausblicke in Technik und Wirtschaft" ist wieder nur dürftig, das rein Chemische zu sehr in den Vordergrund gestellt und darüber das Technologische und Wirtschaftliche arg vernachlässigt. So sind z. B. die Zusammensetzungen einer ganzen Reihe von Glassorten aufgeführt, aber wir finden keine einzige Tabelle über Produktionszahlen oder -wert der erzeugten Metalle. Zeigen auch einige Kapitel, besonders die allgemeinen, sehr gute Bearbeitung, so fällt dieses Heft gegen das erste doch ab.

Isberg.

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Für höhere Knaben- und Mädchenschulen. Gekürzte Ausgabe in einem Bande mit 152 Abbildungen,

6 Bildern und einem Bilderanhang. Von Otto Gall und Julius Kruse. Mit einem mineralogisch-petrographischen Anhang von Otto Reuber. Frankfurt a. M. 1931. Moritz Diesterweg. 300 S. Preis RM. 5.75.

Die vorliegende Kurzausgabe ist aus dem ersten und zweiten Teil des bekannten Gallschen Lehrbuches der Chemie durch Zusammenfassung entstanden. Dementsprechend stimmt sie in der Anlage, in der Bildausstattung, in der Behandlung der physikalischen Chemie, der chemischen Technik und der statistischen Angaben ganz mit diesen beiden Bänden überein. Bezüglich dieser Punkte ist also nichts Neues zu sagen, sondern es kann auf die Besprechungen in der vorliegenden Zeitschrift **40**, 93; 1927 und **42**, 45; 1929 verwiesen werden. Die meisten Abschnitte sind wörtlich übernommen, einige Abbildungen verändert, die statistischen Angaben in den meisten Fällen bis zum Jahre 1930 weitergeführt.

Die Aufgabe, ein für die Mittelstufe bestimmtes Chemiebuch und ein Chemiebuch der Oberstufe in einem Bande zu vereinigen, ist geschickt gelöst worden. Abgesehen von den ersten einleitenden Abschnitten ist das neue Buch systematisch angeordnet. Die Kapitel des alten Teils I sind fast ungekürzt stehen geblieben, so daß der Stoff in einer dem Anfänger verständlichen Form dargeboten wird. Die Abschnitte der Oberstufe sind dazwischen geschoben und treten im anorganischen Teil in Form von Ergänzungen und Erweiterungen auf; dabei ist in jedem Paragraphen und am Kopf jeder Seite neben dem Inhalt angegeben, ob der betreffende Stoff sich nach Ansicht der Verfasser für die Mittelstufe oder Oberstufe eignet. Die organische Chemie ist eine Wiedergabe des entsprechenden Abschnitts des zweiten Bandes in verkürzter Form.

Das Zusammendrängen des Stoffes auf 300 Seiten einschließlich Abbildungen und Inhaltsverzeichnis ist dadurch möglich geworden, daß die bei Einzelbänden unvermeidlichen Wiederholungen weggelassen werden konnten, dann aber auch durch wesentliche Kürzungen verschiedener Abschnitte. Dazu gehören die physikalische und technische Chemie, sowie die Mineralogie und Gesteinskunde. Im Hinblick auf die Lehrpläne der Mädchenbildungsanstalten haben die Kapitel über Alkohole, Nahrungsmittel und Farbstoffe eine geringe Erweiterung erfahren. Das vorliegende Lehrbuch der Chemie wird den Fachlehrern sehr willkommen sein; die Verwendung von Kurzausgaben und damit eine Verbilligung der Schulbücher erscheint in der heutigen Zeit bei der geringen Zahl Chemiestunden ratsam. Der Nachteil, der darin liegt, daß der gesamte Stoff einer Klasse nicht hintereinander aufgeführt ist, wird mehrfach dadurch ausgeglichen, daß der Schüler seine Schulchemie in einem Bande vereinigt vorfindet. Auch die Kurzausgabe des „Gall" verdient warme Empfehlung. *Mtth.*

Grundzüge der anorganischen Chemie. Von Privatdozent Dr. phil. Dr. ing. L. Wolf. 2. Auflage. 250 S. mit 10 Abbildungen und 2 Tabellen. Leipzig und Wien 1931. Franz Deuticke. Preis geh. RM 6.—, geb. RM. 8.—.

Die Grundzüge von Wolf sind für Studierende als kurzes Lehrbuch zum Gebrauch neben der allgemeinen Vorlesung über Experimentalchemie entstanden und bezwecken, einen kurzen Überblick über die anorganische Chemie auf systematischer Grundlage zu geben. Daher zeichnet sich das Buch durch eine sehr umfangreiche Aufzählung fast aller Elemente, auch der sehr seltenen, und sehr vieler Verbindungen aus. Das bedingte bei dem gebotenen Rahmen aber andererseits, daß die an geeigneter Stelle eingestreuten allgemein chemischen Betrachtungen sehr kurz gehalten sind, daß die Geschichte, die Technologie und die wirtschaftliche Bedeutung der Chemie, Mineralogie und Kristallographie und die Beziehungen zu den übrigen Nachbarwissenschaften nicht oder nur sehr kurz behandelt werden konnten.

Da die Bearbeitung einwandfrei ist, so erfüllt das Buch fraglos seinen Zweck, einen ersten, allgemeinen Überblick zu geben, vollkommen und hat vor den größeren Lehrbüchern den Vorzug, dem Anfänger nicht durch eine übermäßige Stofffülle das Eindringen zu erschweren. *Isberg.*

Lehrbuch der organischen Chemie. Von Dr. Walter Kinttof. 94 Seiten mit 23 Abbildungen. Greiz i. V. 1931. Selbstverlag. Preis geb. RM. 3.00.

Das im Selbstverlag herausgegebene Lehrbuch der organischen Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten von Kinttof unterscheidet sich von den gebräuchlichen dadurch, daß der Verfasser versucht, einen neuen Weg zu beschreiten, indem er seinen methodisch im Sinne eines experimentellen Arbeitsunterrichts aufgebauten Lehrgang nicht mit dem reaktionsträgen Methan, sondern mit dem Azetylen beginnt. Das Experiment ist sehr stark betont, und unter dieser Einstellung ist der Gedanke, einen Stoff, mit dem sich mancherlei Reaktionen durchführen lassen, zum Ausgangspunkt zu wählen, durchaus beachtenswert. In der Tat läßt sich von den Azetylenen ja auch durch einfache Additionsreaktionen leicht der Weg zu den Olefinen und Paraffinen finden, wobei noch zu beachten ist, daß dieser Weg auch in der Technik vielfach begangen wird.

So gut also der Grundgedanke der neuen Methodik ist, die Durchführung entspricht leider nicht immer dem, was man erwarten muß, kann ihm auch vielleicht nicht entsprechen, weil die nötigen Versuche sich im Unterricht nicht so glatt durchführen lassen, wie der Verfasser angibt. Es werden eine Reihe von Versuchen, auch solche quantitativer Art angeführt, bei denen das Ergebnis des Verfassers nicht oder nur sehr schwer zu erreichen ist. Ich habe den grundlegenden Versuch, der den Übergang von dem Azetylen zu den Paraffinen vermittelt, nämlich die Addition von Brom an Azetylen nach der von Kinttof angegebenen Vorschrift nachgeprüft und nachprüfen lassen. (Siehe Kinttof, S. 10). Aber in allen Fällen hat sich ergeben, daß die addierte

Brommenge weniger war als vier Atomen entspricht. Nach A. 221, 138 tritt auch in der Tat nur ein Gemisch von Di- und Tetrabromazetylen auf, so daß der geringere Verbrauch an Brom erklärlich ist. Ich bin auf diesen Versuch deswegen etwas eingehender zu sprechen gekommen, weil mit seinem Fallen auch die Methodik, die auf experimentellem Weg vom Azetylen ausgehen will, hinfällig ist. Ich habe auch noch einige andere angegebene Versuche nachgeprüft und bin nicht in allen Fällen zu den gleichen einfachen Resultaten wie Kinttof gekommen, zum mindesten erscheinen sie mir nicht alle für den Unterricht geeignet zu sein.

Nach dem ersten Kapitel geht der Verfasser den üblichen Weg. Dabei fällt auf, daß von vornherein mehrfach recht komplizierte, den Schülern völlig unbekannte Verbindungen benutzt werden, so z. B. schon auf den ersten Seiten fumarsaures Natrium. Überhaupt geht der Verfasser an manchen Stellen zu weit, so viel läßt sich auf der Oberprima auch auf der Oberrealschule kaum bewältigen. Als Beispiel dafür seien nur die Verfahren zur Herstellung von künstlichem Benzin genannt.

Die Stärke des Buches liegt in der Betonung des Experiments, das sehr weitgehend zum Aufbau des Unterrichts verwandt wird. Aber leider erscheinen mir nicht alle Versuche genau genug durchgearbeitet und zu leicht dargestellt zu sein, so daß es noch zweifelhaft erscheint, ob der neue methodische Weg vom Azetylen aus wirklich gangbar ist. *Isberg.*

Praktische Übungen zur Einführung in die Chemie. Von Smith-Haber. 4. Aufl. Neu herausgegeben von Prof. Dr. V. Kohlschütter unter Mitarbeit von Dr. W. Feitknecht und Dr. H. W. Kohlschütter. 140 Seiten mit 26 Abbildungen. 1930. B. Braun. Preis brosch. RM 5.—, geb. RM 5.60.

Schon nach kaum 2 Jahren ist das Buch neu herausgekommen. Das scheint ein Beweis dafür zu sein, daß die in diesem Buch vertretene Ansicht über die Durchführung des chemischen Studiums Anklang und weitere Verbreitung gefunden hat. Der Verfasser steht nämlich auf dem Standpunkt, daß dem eigentlichen analytischen Arbeiten im Hochschullaboratorium ein einsemestriger praktischer Kurs, der den Studierenden parallel mit der allgemeinen Vorlesung zu einem „auf Beobachten, Denken und Vorstellen beruhenden Verhältnis zur Materie und zu den Methoden der Forschung verhelfen soll", vorausgehen muß. Es sollen also durch praktische Arbeit das Wesen der Materie und ihre Veränderungen, das nötige Handwerkszeug und die allgemeinen Methoden dem Anfänger näher gebracht werden. In der Tat wird durch ein solches Vorgehen eine Lücke ausgefüllt, die sich besonders bei den Lehramtskandidaten, die Chemie als Fach haben, oft störend bemerkbar macht; es wird der Mangel an Experimentierfähigkeit teilweise behoben, weil diese praktische Einführung vielerlei Versuche bringt, die der spätere Lehrer auch im Unterricht benötigt. Da der Verfasser durch Versuche ermittelt hat, daß die auf diese Einführung verwendete Zeit, die im allgemeinen ein Semester beträgt, später durch bessere Kenntnisse und größere Geschicklichkeit wieder eingeholt wird, so scheint mir dieser Weg besonders für Lehramtskandidaten besonders empfehlenswert zu sein.

Die „Praktischen Übungen" leiten also zu Versuchen an, geben daher stets eine genaue Versuchsbeschreibung und halten zum Auswerten der Ergebnisse durch viele Fragen an. Theoretische Auseinandersetzungen finden sich nicht, so daß irgend ein Lehrbuch nebenher benutzt werden muß. Die Versuche sind teils präparativer Art, teils analytischer, jedoch nur soweit es zur Kenntnis eines Elements oder einer Verbindung erforderlich ist, leiten also gewissermaßen erst zur qualitativen Analyse über.

Als nachteilig empfinde ich die nebeneinander herlaufenden verschiedenartigen Bezeichnungsweisen. Sie verwirren den Anfänger, man sollte daher lieber allgemein die von der Nomenklaturkommission der Deutschen Chemischen Gesellschaft vorgeschlagene Bezeichnungsweise wählen. Für die Schule geht das Buch etwas weit, aber es ist ja auch nicht dafür geschrieben. Immerhin wird der Lehrer für seine Schülerübungen, insbesondere für Arbeitsgemeinschaften, mancherlei Gutes daraus schöpfen können.

In seinem Aufbau ist es systematisch angelegt, die Versuche sind gut ausgewählt, wenngleich einige einfacher gehalten sein könnten; sie sind das Ergebnis einer langjährigen Laboratoriumserfahrung. Allerdings erscheint mir Quecksilberoxyd zur Bestimmung des Litergewichts des Sauerstoffs geeigneter als Kaliumchlorat, um so mehr, als man zugleich das Verbindungsgewicht von Sauerstoff und Quecksilber ermittelt. Ferner ergibt die Reduktion von Bleidioxyd im Wasserstoffstrom ohne besondere Vorsichtsmaßregeln im allgemeinen nicht die gewünschten Resultate. Über eine Reihe weiterer Versuche kann man geteilter Meinung sein. Aber diese kleinen Ausstellungen vermögen den Wert des Buches nicht zu beeinträchtigen. Ihm ist im Universitätslaboratorium und evtl. auch in Arbeitsgemeinschaften weiteste Verbreitung zu wünschen.
Isberg.

Der Gang der qualitativen Analyse. Für Chemiker und Pharmazeuten bearbeitet von Prof. Dr. F. Henrich. 3. erweiterte Auflage. IV, 44 S. mit 4 Abbildungen. Berlin 1931. Julius Springer. Preis geh. RM. 2,80; nach 10%iger Preisermäßigung laut Notverordnung für die vor dem 1.7.1931 erschienenen Bücher RM 2.52.

Das Heft von Henrich, das in viele Universitätslaboratorien Eingang gefunden hat, legt besonders Wert auf die Vorproben zur qualitativen Analyse. Der moderne Chemiker muß sich möglichst schnell über die Natur eines Stoffes orientieren können; ein alter Praktiker mit viel analytischer Erfahrung versucht ihm das zu erleichtern, indem er zeigt, wie man durch die Vorproben zuweilen den eigentlichen Analysengang ganz oder teilweise umgehen kann. Auch

bei der Trennung der Kationen auf nassem Weg wird nach der Abtrennung der einzelnen Gruppen immer wieder Wert auf die orientierenden Vorproben gelegt, die besonders geeignet sind, die Beobachtungsgabe zu schulen. Durch das Betonen der Vorproben wird das Buch auch für den Schulunterricht wichtig, denn die vollkommene Durchführung eines Analysenganges kommt dort kaum in Frage, und trotzdem müssen wir uns oft über die Zusammensetzung eines Stoffes ein Bild zu machen versuchen.

Der Anhang gibt ziemlich zusammenhanglos eine Theorie der elektrolytischen Dissoziation, eine Besprechung der Hydrolyse und eine allgemeine Definition der Begriffe Oxydation und Reduktion, die durch Beispiele erläutert wird. Zugegeben, daß diese Begriffe für das Verständnis der Analyse Voraussetzung sind, so muß man doch sagen, daß derjenige, der sie nicht vorher beherrscht, von dieser kurzen Zusammenfassung kaum Nutzen haben wird. Der Anhang könnte also fehlen, oder er müßte etwas ausführlicher zur Einleitung werden. *Isberg.*

Praktikum der physikalischen Chemie, insbesondere der Kolloidchemie für Mediziner und Biologen. Von Leonor Michaelis und Peter Rona. 4. verb. Aufl. X, 253 S. mit 62 Abbildungen. Berlin 1930. Julius Springer. RM 12.60; nach 10%iger Preisermäßigung lt. Notverordnung für die vor dem 1. 7. 1931 erschienenen Bücher RM 11.34.

An der neuen Auflage des ursprünglich von Michaelis allein herausgegebenen Praktikums hat Peter Rona mitgearbeitet. Das Werkchen ist somit aus den Händen hervorragender Fachmänner hervorgegangen und stellt eine ausgezeichnete Einführung in die physikalisch-chemischen Arbeitsmethoden dar, welche bei der Untersuchung der Kolloidvorgänge in der klinischen Medizin, in der Bakteriologie, der Serologie, Biologie, Nahrungsmittelchemie, Pharmakologie, Agrikulturchemie usw. in modernen Laboratorien zur Anwendung kommen. Dahin gehören die Bestimmung der Flockungsschwellenwerte kolloidaler Lösungen, der Wasserstoffionenkonzentration durch Indikatoren, der Oberflächenspannung, der Quellung und Viskosität, der Elektrophorese, der Adsorption, ferner die Messung elektromotorischer Kräfte, die Bestimmung der Oxydations-Reduktionspotentiale, sowie Versuche zur Reaktionskinetik, z. B. die Spaltung des Rohrzuckers durch Säuren und durch Fermente und weiter Versuche zur Oxydation, z. B. die Atmung roter Blutkörperchen nach Warburg. *Dm.*

Übungsbeispiele für den Arbeitsunterricht in Chemie und Biologie. Von J. Hamacher und E. Wasserloos. 1. und 2. Heft. Chemische Schülerübungen, 1. und 2. Teil. Leipzig 1931. Quelle und Meyer. 27 bzw. 23 S. Preis kart. Heft 1 RM. 0.80, Heft 2 RM. 0.80.

Die beiden Heftchen enthalten eine Zusammenstellung chemischer Schülerübungen nach methodischen Gesichtspunkten, die zur Erarbeitung der Grundbegriffe, zur Herleitung von Gesetzmäßigkeiten, zur Einführung in die Methoden der Forschung und zur Erkenntnis der Zusammenhänge mit den übrigen Naturwissenschaften führen sollen. Daneben wird auf die Erziehung zur Selbständigkeit großer Wert gelegt. Die Anordnung weicht von der methodisch aufgebauter Lehrbücher völlig ab, aber die Versuche sind klar beschrieben, einfach gehalten und bis auf geringe Ausnahmen durchaus brauchbar. Jedem Heft sind Leitsätze für Schülerübungen vorangestellt, in denen Zweck und Ziel der Übungen, sowie die Art ihrer Durchführung kurz zusammengefaßt sind.

Das erste Heft bringt einführende Versuche, Gemenge und Verbindung, Synthese, Analyse und wechselseitige Umsetzung, der Bunsenbrenner. Oxydations- und Reduktionsvorgänge, Säuren, Basen, Salze, Nachweis der wichtigen Säuren und Basen, die einfachsten quantitativen Versuche und die Eigenschaften der Metalle sind die Hauptgegenstände. Das Arbeiten mit weißem Phosphor sollte als Schülerversuch lieber gestrichen werden. Der Versuch zum Beleg des Gesetzes von der Erhaltung der Masse ist ungünstig gewählt.

Das zweite Heft bringt ausgewählte Kapitel aus der anorganischen und allgemeinen Chemie, und zwar werden Stickstoff und seine Verbindungen, Kohlenstoff, Halogene und Alkalimetalle, Eisen und Soda, Versuche zur Ionentheorie, Osmose und Kolloide in aller Kürze behandelt.

Wo bei geringer Stundenzahl eine Einführung in die Chemie gegeben werden soll, erscheinen die Heftchen gut verwendbar, für einen methodisch aufgebauten Unterricht, der ein Lehrbuch verwendet, besitzen sie dagegen kaum Bedeutung. *Isberg.*

Vereine und Versammlungen.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichtes in Wien. Bericht über die Vereinstätigkeit im ersten Halbjahre des 38. Vereinsjahres (Schuljahr 1931/32).

A. Vorträge:

10. Oktober 1931: Prof. Dr. Hans Bauer — Kausalität und Quantenmechanik.

24. Oktober 1931: Vorführung von Apparaten der Fa. Johann Ev. Schnötzinger — Schnittmodell eines Benzinmotors, eines Junkers-Kolbendieselmotors; einer Induktortafel, eines Erdinduktors, einer Wheatstoneschen Brücke.

7. November 1931: O. ö. Prof. d. techn. Hochschule und Vorstand d. Inst. f. techn. Elektrochemie Dr. Heinrich Paweck — Michael Faraday, sein Leben, sein Werk.

14. November 1931: Generaldirektor Oskar Czeija — Die Aufnahme- und Wiedergabetechnik im Tonfilm. (Unter Mitwirkung der Selenophongesellschaft in Wien.) (Im Anschlusse a. d. „Freie Vereinigung für technische Volksbildung".)

21. November 1931: Direktor Prof. Dr. Gustav Schwaiger — Das Fernbild und Fernkino. (Im Anschlusse a. d. „Freie Vereinigung für technische Volksbildung.")

28. November 1931: Reg. Oberbaurat Dozent Dr. Paul Schrott — Die Technik des Tonfilms. (Im Anschlusse a. d. „Freie Vereinigung für technische Volksbildung".)

5. Dezember 1931: Prof. Dr. Rudolf Beranek — Rückstoßversuche mit der Federkanone; Schülerversuche mit dem optischen Gerät nach Dr. H. Homann.

11. Dezember 1931: Doz. Dr. F. Ackerl — Über die dem Schwerkraftfelde der Erde entnommenen Beweismittel über die Lehre von der Isostasie. (Im Anschlusse an die „Österreichische Gesellschaft für Meteorologie".)

12. Dezember 1931: Prof. Franz Stenzl, Zwittau, Mähren, ČSR. — Versuche mit der Stromwaage und ihre Erklärung durch das Feld.

15. Dezember 1931: Teilnahme an der von der Chemisch-physikalischen Gesellschaft veranstalteten Festsitzung anläßlich der Hundertjahrfeier der Entdeckung der elektromagnetischen Induktion durch Michael Faraday.

a) Univ. Prof. Dr. Egon Schweidler — Bericht über die Faraday-Feier 1931 in London.

b) Univ. Prof. Dr. Felix Ehrenhaft — Festrede mit Faradays Versuchen an Apparaten aus seiner Zeit.

23. Januar 1932: Schulrat Hans Kellermann — Vorführung neuer Lichtbilderserien des Vereines Skioptikon über „Kalkgewinnung" und „Die Wiener Feuerwehr".

30. Januar 1932: Prof. Dr. techn. Ingenieur Wladimir Maxymowicz — Über Ammoniak; Versuche, seine Darstellung und Eigenschaften betreffend.

6. Februar 1932: Studienrat Prof. Dr. Hans Krawany, St. Pölten, Niederösterreich — Photographie für den Unterricht.

B. Besichtigungen.

7. Oktober 1931: Österreichische Linoleumfabrik in Brunn am Gebirge, Niederösterreich.

2. Dezember 1931: Zuckerfabrik in Leopoldsdorf im Marchfelde.

16. Dezember 1931: Optische Werke der Firma C. Reichert in Wien, 17.

Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts.

Am 12. Januar 1932 feierte der Verein im Hause der Technik sein 50jähriges Bestehen unter zahlreicher Beteiligung der Mitglieder und der dem Verein nahestehenden Kreise. Der Herr Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung war durch Herrn Ministerialrat Prof. Dr. Metzner vertreten.

Herr Girke gab einen Überblick über die Entwicklung des Vereins. Mit Stolz kann der Verein darauf hinweisen, daß Männer wie Bernhard Schwalbe, Friedrich Poske, Hermann Hahn und Friedrich C. G. Müller in seinen Reihen gestanden haben. Von den Gründern, die zum größten Teile dem Schellbachschen Seminar entstammten, konnte der Vorsitzende die Herren Professoren Frank und Heyne persönlich begrüßen.

Herr Direktor Matthée überbrachte die Glückwünsche der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Er erinnerte daran, daß die Geschichte der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht und die Entwicklung der Hauptstelle aufs engste mit dem Leben des Vereins verknüpft sind. Mit herzlichen Worten überreichte er dem Verein als Festgabe ein Bild des ehemaligen Ehrenmitgliedes Friedrich C. G. Müller.

Herr Depdolla beglückwünschte den Verein im Namen des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts und der Berliner Ortsgruppen.

Den Festvortrag hielt Herr Professor Dr. Becker von der Technischen Hochschule Berlin über das Thema: „Unsere Kenntnis vom Elektron in den letzten 50 Jahren."

Er wies darauf hin, daß das Elektron jetzt auch ein 50jähriges Jubiläum feiern könne, haben doch Helmholtz und Stoney im Jahre 1881 die Hypothese einer atomistischen Struktur der Elektrizität zuerst aufgestellt. Die Arbeiten der folgenden Jahrzehnte führen zu einer schärferen Fassung des Begriffs „Elektron", und schließlich spielt es als Kügelchen von ganz bestimmter Ladung, Masse und Ausdehnung eine entscheidende Rolle nicht nur in der Elektrizität: auch die optischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften der Materie werden verständlich gemacht durch die Art der Bindungen, die das Elektron in den Atomen eingeht. Die Theorie bleibt bei dem einmal geprägten Bilde nicht stehen. Die Elektronen werden bald nicht mehr als Bausteine aufgefaßt, die für sich allein oder gelegentlich mit Materie verbunden bestehen können, sondern man vermutet in ihnen wesentliche Bestandteile eines jeden Stoffes und baut alle Materie aus negativen Elektronen und positiven Kernen auf. Die Quantenmechanik hat dann Anlaß gegeben, eine neue Begriffsbildung vorzunehmen. Will man den experimentell festgestellten Tatsachen Rechnung tragen, so ist man gezwungen, das Elektron mitunter als zusammengeballte Ladungswolke, manchmal aber auch als weit ausgedehnten Wellenzug aufzufassen. Diese Unbestimmheit hat ihren Grund darin, daß wir gewisse Vorstellungen, die sich bei der Beschreibung sinnlich wahrnehmbarer Zusammenhänge bewährt haben, auch auf das Geschehen in und zwischen den Atomen übertragen, ohne die Zulässigkeit eines solchen Verfahrens zu prüfen. Es hat jedenfalls keinen Sinn mehr zu behaupten, auch die Vorgänge in den Atomen seien grundsätzlich beobachtbar, wenn die Beobachtungsmittel das zu beobachtende Geschehen beeinflussen, so daß beide nicht mehr zu trennen sind. Wir müssen heute eingestehen, daß die historisch entwickelten Bilder des „Elektrons" nicht ausreichen, um das atomare Geschehen befriedigend zu erklären. *R. Girke.*

Himmelserscheinungen im Juli und August 1932.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0h W.Z. = Mitternacht bürgerliche Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0h bis 24h. M.E.Z. = Mitteleuropäische Zeit = Bürgerliche Zeit Stargard = W.Z. + 1h.

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl.[1]	Sternzeit[2]	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1932	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Juni 29	6 31	+23,3	+ 3 7	18 27 27	7 46	+23,1	6 31	+20,2	4 11	+21,0	9 36	+15,3	20 23	−19,8
Juli 4	6 51	22,9	4 6	18 47 10	8 22	21,1	6 18	19,3	4 26	21,6	9 39	15,0	20 21	19,9
„ 9	7 12	22,4	4 56	19 6 52	8 53	18,7	6 7	18,6	4 41	22,2	9 43	14,6	20 20	20,0
„ 14	7 32	21,8	5 36	19 26 35	9 19	16,0	5 59	18,1	4 56	22,7	9 47	14,3	20 18	20,1
„ 19	7 52	20,9	6 4	19 46 18	9 40	13,4	5 56	17,8	5 10	23,1	9 51	14,0	20 17	20,1
„ 24	8 12	+20,0	+ 6 19	20 6 1	9 56	+10,9	5 56	+17,7	5 25	+23,4	9 55	+13,6	20 15	−20,2
„ 29	8 32	18,9	6 19	20 25 44	10 7	8,9	6 1	17,8	5 40	23.6	9 59	13,3	20 14	20,3
Aug. 3	8 52	17,6	6 5	20 45 26	10 10	7,4	6 8	17,9	5 55	23,7	10 3	12,9	20 12	20.4
„ 8	9 11	16,3	5 35	21 5 9	10 6	6,9	6 19	18,2	6 9	23,8	10 7	12,5	20 11	20,5
„ 13	9 30	14,8	4 50	21 24 52	9 55	7,6	6 31	18,4	6 24	23,8	10 11	12,2	20 9	20,6
„ 18	9 48	+13,3	+ 3 52	21 44 35	9 40	+ 9,3	6 46	+18,6	6 38	+23,7	10 15	+11,8	20 8	−20,6
„ 23	10 7	11,6	2 41	22 4 17	9 27	11,4	7 3	18,6	6 52	23,5	10 19	11,4	20 7	20,7
„ 28	10 25	9,9	+ 1 19	22 24 0	9 24	13,2	7 20	18,6	7 6	23.2	10 23	11,0	20 5	20,8
Sept. 2	10 44	+ 8,1	− 0 12	22 43 43	9 35	+13,9	7 39	+18,3	7 20	+22,9	10 28	+10.6	20 4	−20,8

[1] Zeitgleichung = mittlere Zeit − wahre Zeit.
[2] Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist $\mp 0^s.657 \cdot \lambda^\circ$.

Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in mittlerer Ortszeit. Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich v. Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1932	h m	h m	h m	h m	1932	h m	h m	h m	h m	1932	h m	h m	h m	h m
Juni 29	3 40	20 27	0 16	16 35	Juli 24	4 7	20 5	22 11	11 51	Aug. 18	4 47	19 19	20 0	7 6
Juli 4	3 43	20 25	3 27	21 27	„ 29	4 15	19 57	—	17 54	„ 23	4 55	19 9	20 59	13 16
„ 9	3 48	20 22	10 22	22 44	Aug. 3	4 22	19 49	5 15	20 28	„ 28	5 3	18 58	0 1	17 56
„ 14	3 53	20 18	17 47	—	„ 8	4 30	19 40	12 29	21 30	Sept. 2	5 11	18 47	7 11	19 10
„ 19	4 0	20 12	21 21	5 25	„ 13	4 38	19 30	18 39	0 13					

Mondphasen 1932 M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	3. Juli 23h 19,7m	11. Juli 4h 6,8m	17. Juli 22h 6,4m	25. Juli 14h 41,5m
	2. Aug. 10 41,8	9. Aug. 8 40,4	16. Aug. 8 41,6	24. Aug. 8 21,3
	31. „ 20 54,6			

Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin, Zeitangaben in mittlerer Ortszeit.

	Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
1932	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Juni 29	—		—		A 1,7	Dm 1,8	Da 22,1	U 22,5	Da 22,3	Dm 1,8
Juli 9	—		—		A 1,4	Dm 2,0	—		Da 22,1	Dm 2,0
„ 19	—		A 2,4	Dm 3,4	A 1,0	Dm 2.3	—		Da 21,8	Dm 2,3
„ 29	—		A 1,9	Dm 3,7	A 0.8	Dm 2,7	—		Da 21,5	Dm 2,7
Aug. 8	—		A 1,4	Dm 4.0	A 0,6	Dm 3,1	—		Da 21,1	Dm 3,1
„ 18	—		A 1,2	Dm 4.3	A 0,5	Dm 3.5	—		Da 20,6	U 2.4
„ 28	A 3,7	Dm 4.0	A 1,1	Dm 4.6	A 0,3	Dm 3,8	—		Da 20.2	U 1,7
Sept. 7	A 3,7	Dm 4,3	A 1.2	Dm 4,9	A 0,2	Dm 4,2	—		Da 19,7	U 1,1

A = Aufgang; U = Untergang; Da und Dm = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

3. Juli 21h M.E.Z. **Erde in Sonnenferne.** 5. August **Venus im größten Glanze.** *Kohl.*

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.